

ЧЕРКАСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧУВАННЯ ТА ТОРГІВЛІ  
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова праця  
на правах рукопису

**БАТРАЧЕНКО ОЛЕКСАНДР ВІКТОРОВИЧ**

УДК 637.513.4:539.62

**ДИСЕРТАЦІЯ**

**НАУКОВО-ПРИКЛАДНІ ОСНОВИ ВДОСКОНАЛЕННЯ МАШИН  
ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ М'ЯСНОЇ СИРОВИНИ**

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

Подається на здобуття наукового  
ступеня доктора технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,  
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело



О. В. Батраченко

Науковий консультант:  
Осипенко Василь Іванович,  
доктор технічних наук, професор

Харків – 2021

## АНОТАЦІЯ

*Батраченко О. В.* Науково-практичні основи вдосконалення машин для подрібнення м'ясної сировини. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.18.12 – процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв. – Черкаський державний технологічний університет; Харківський державний університет харчування та торгівлі Міністерства освіти і науки України, Харків, 2021 р.

Дисертація присвячена розробці науково-практичних основ вдосконалення машин для подрібнення м'ясної сировини, а саме кутерів, вовчків і емульситаторів, на базі вироблення і використання концепції вдосконалення машин для подрібнення м'ясної сировини, яка ґрунтується на взаємоузгодженні гідродинаміки сировини, процесу її подрібнення, напружено-деформованого стану та параметрів зношування робочих органів машин. Наукова гіпотеза роботи полягає у тому, що конструктивні та кінематичні параметри робочих органів визначають характеристики процесу подрібнення та гідродинаміку сировини під час обробки та після її контакту з робочим органом. В той же час гідродинаміка сировини впливає на рівень її стискання, нагрів, процес руйнування при подрібненні, силове навантаження робочих органів. Конструкція і кінематика робочих органів спільно з їх взаємодією із сировиною визначає їх зношування, статичну, втомну, вібраційну, ударну міцність та корозійну стійкість. Виявлення та розкриття означених системних зв'язків в даних машинах створює умови для ефективного подальшого розвитку кутерів, вовчків і емульситаторів у нових напрямках, які до цього часу були не явними, через що вдосконалення обладнання суттєво стримувалось.

У вступі обґрунтована актуальність теми дисертаційної роботи, показаний її зв'язок з науковими темами ЧДТУ, сформульовано наукову гіпотезу, мету, задачі, об'єкт і предмет досліджень, наведено наукову новизну та практичне

значення отриманих результатів, вказано відомості про їх практичне впровадження, основний внесок здобувача, публікації та відомості щодо апробації матеріалів дисертаційної роботи.

В першому розділі здійснено аналіз результатів відомих досліджень робочих процесів в машинах для подрібнення м'ясної сировини, а також основні можливості їх сучасних моделей. З'ясовано, що, незважаючи на багаторічне використання кутерів, вовчків і емульситаторів та дослідження робочих процесів в них, проблеми підвищення питомої продуктивності цих машин, якості обробки сировини, зносостійкості та працездатності робочих органів і надалі залишаються актуальними. Виявлено, що відомі підходи до процесу отримання нових рішень в техніці діляться на дві основні групи, які засновані на використанні наукових досліджень та положень теорії вирішення винахідницьких задач. Їх окреме використання не дозволяє вирішити задачі зі складними технічними протиріччями. Проведений аналіз дозволив сформулювати задачі досліджень.

В другому розділі наведено методики проведення досліджень та обробки отриманих результатів, описано використовуване технологічне, лабораторне та вимірювальне обладнання, наведені оцінки достовірності отриманих результатів. В якості досліджуваного технологічного обладнання використовувались м'ясорізальні вовчки АЛ-130, МП-160, VVS-180, К6-ФВЗП-200, кутери Laska KR-200-2V, Laska KR-330-2V, емульситатор Karl Schnell FD175, вакуумний шприц HandtmannVF 628 та їх різальні комплекти. Високошвидкісна відеозйомка здійснювалась за допомогою комплекту обладнання, основою якого була цифрова відеокамера Sony FS700. Аналіз отриманого відеофайлу здійснювався із використанням програми "Free Video to JPG Converter 5.0.99.823". Дослідження структурно-механічних властивостей сировини проводилось із використанням універсальної випробувальної машини СМТ 2503 Інституту продовольчих ресурсів НААН України. Температура сировини визначалась за цифрового термометра марки RST 07841, а також за допомогою цифрового тепловізору ULIRvision TI384. Твердість різального інструменту та дослідних зразків за допомогою твердоміра ТК-2М. Ударна в'язкість зразків вимірювалась за

допомогою маятникового копра МК-30А. Для вимірювання шорсткості поверхонь різального інструменту та дослідних зразків використовувався профілометр ТІМЕ 3221. При визначенні радіуса закруглення різальних кромek різального інструменту машин використовувався оптичний мікроскоп МБС-9. При дослідженні втомної міцності зразків використовувалась вібраційна електродинамічна установка ВЭДС-200А Інституту проблем міцності ім. Г. С. Писаренка НАН України. Імпульсно-плазмове зміцнення різального інструменту та нанесення зносостійких покриттів здійснювалось на установці «ИМПУЛЬС» лабораторії Інституту електрозварювання ім. Е.О. Патона НАН України. Поверхнєве зміцнення дослідних зразків проводилось шляхом високочастотного механічного проковування за допомогою установки РWІ-ІРМ Інституту електрозварювання ім. Є. О. Патона. Планування експериментальних досліджень та аналіз їх результатів проводились із використанням теорії планування експерименту та прикладної статистики, зокрема із використанням програмного комплексу STATISTIC та програми CurveExpert 1.3. Дослідження гідродинаміки сировини чисельними методами проводилось із використанням методу скінченних елементів за допомогою САЕ програмного забезпечення FlowVision та SolidWorks FlowSimulation. Дослідження напружено-деформованого стану різального інструменту машин здійснювалось з використанням програмного комплексу SolidWorks Simulation. Оцінка якості обробки сировини проводилась із використанням лабораторного обладнання та шляхом проведення органолептичного оцінювання отриманих фаршів та готових ковбасних виробів.

Також у другому розділі наведено розроблені методологічні засади розвитку вовчків, кутерів і емульсаторів. Запропоновано використовувати науково-винахідницький біном, як методологічний базис для вирішення технічних задач зі складними протиріччями. Науково-винахідницький біном являє собою системне взаємоінтегроване поєднання наукових досліджень та методологічних засобів аналізу і вирішення технічних протиріч. На основі використання науково-винахідницького біному розроблено концепцію вдосконалення машин для подрібнення м'ясної сировини.

Третій розділ містить результати досліджень гідродинаміки сировини в робочих зонах кутерів, вовчків і емульсаторів. Виявлено характер взаємодії ножів кутера із замороженою сировиною на початкових та серединних стадіях її подрібнення. Встановлено, що при швидкісному подрібненні м'ясної сировини ніж кутера не контактує з нею однією зі своїх бокових поверхонь, що суттєвим чином розширює уявлення про пошук ефективних шляхів підвищення міцності ножів кутера. Досліджено вплив конструктивних і кінематичних параметрів ножів кутера на винесення сировини із зони подрібнення за рахунок адгезійної взаємодії ножів із сировиною. Уточнено відомості про зносостійкість різних ножів ножової головки кутера. Досліджено гідродинаміку м'ясної сировини в робочих зонах вовчків і емульсаторів, встановлено закономірності руху сировини в залежності від конструкції та швидкості обертання різального інструменту та залежно від конструкції робочих зон даних машин, а також залежно від фізико-механічних параметрів м'яса та напівфабрикатів. Виявлено, що шнек вовчка подає сировину в кожен момент часу в межах локального сектору, величина якого визначається, насамперед, наближенням витка шнеку до решіток різального механізму. Доповнено положення про залежність продуктивності роботи м'ясорізального вовчка від конструкції різального інструменту та шнеку, від частот їх обертання, а також від фізико-механічних параметрів м'ясної сировини. Уточнення величини напруження зрізу, напруження стандартної пенетрації та модуля осьового стискання яловичини, свинини та м'яса курки. Наявність у емульсаторів горизонтального живлячого патрубку обумовлює суттєве зменшення продуктивності переробки сировини та підвищення її нагріву при подрібненні. Виявлено залежність впливу кінематичних параметрів сировини та конструктивних і кінематичних параметрів робочих органів емульсатора на ефективність переробки сировини в ньому. Уточнено значення структурно-механічних властивостей основних видів м'ясної сировини, яка найчастіше переробляється в емульсаторах.

В четвертому розділі наведено результати досліджень напружено-деформованого стану, витривалості і зносостійкості робочих органів кутерів,

вовчків і емульсаторів. Чисельним моделюванням встановлено значення тисків, які діють на ножі кутера за різних умов їх роботи. Шляхом математичного моделювання із використанням чисельних методів досліджено статичну міцність ножів кутера. Встановлено, що ножі кутера всіх досліджених типів при використанні їх в сучасних високошвидкісних машинах працюють в області частот коливань, наближених до резонансу. Проведено комплекс експериментальних та теоретичних досліджень границі витривалості ножів кутера. Виявлено, що їх геометрична форма суттєвим чином впливає на границю витривалості при знакозмінних навантаженнях.

За допомогою проведення обчислювальних експериментів встановлено значення напружень в ножах м'ясорізного вовчка. Виявлено, що в разі дії однакового зусилля на всі леза застосування кільця жорсткості без леза підвищеної ширини не дозволяє значно зменшити напруження в лезах. Виявлено, що залежність напружень та деформацій в решітках від їх товщини носить лінійний характер. Дослідження напружено-деформованого стану решіток емульсатора з радіальними ребрами жорсткості дозволили встановити, що найбільш напруженими ділянками решітки є місця кріплення ребер жорсткості до зовнішнього кільця жорсткості. Експериментальне дослідження зносостійкості різного інструменту вовчків дозволило виявити, що одним із суттєвих чинників зношування різальних крайків лез ножів та отворів решіток є осьова подача м'ясної сировини шнеком вовчка. Зношування робочого циліндру вовчка є надто неоднорідним як в коловому напрямку так і в осьовому. Встановлено, що однією з причин істотного зношування циліндру та шнеку є їх систематичне взаємне тертя на початку та в кінці кожної робочої зміни при встановленні та знятті шнеку. Дослідження зносостійкості лез ножів та отворів решіток емульсаторів у виробничих умовах дозволило встановити, що величини їх зношування збільшуються квадратично із збільшенням радіусу розташування точки вимірювання.

В п'ятому розділі описано розроблені заходи з підвищення ефективності обробки сировини. Використання ножа кутера, який має заглиблення відповідної

ширини, призводить до покращення емульгування сировини при виготовленні безструктурних ковбасних виробів. Конструкція ножа кутера зі зменшеною площею контакту із сировиною дозволяє зменшити інтенсивність нагріву сировини, зменшити витрати енергії на тертя ножів об сировину, підвищити продуктивність кутера. Будова ножа, який встановлюється в ножовій головці кутера з від'ємним кутом атаки дозволяє максимально ефективно знизити нагрів сировини та збільшити кількість сировини для подрібнення наступними ножами ножової головки. Використання в ножі кутера додаткових серповидних лез дозволяє інтенсифікувати подрібнення фаршів сирокочених ковбас. Реалізація змінного кута різання в ножах кутера дозволяє інтенсифікувати процес кутерування. Доцільно інтенсифікувати процес кутерування шляхом корисного використання кінетичної енергії сировини при її русі в зоні обробки. Для реалізації такого підходу розроблено пристрої статичного та динамічного типів. Нова конструкція ножової головки дозволяє підвищити питому продуктивність кутера за рахунок гальмування сировини всередині ножової головки самими ножами ножових блоків. Підвищення питомої продуктивності вовчка досягається за рахунок використання двох ступеней подрібнення, одна з яких має пристрій для подачі сировини у вигляді шестеренного насосу. Це дозволяє забезпечити одночасну подачу сировини по усій площі решіток різального вузла і таким чином збільшити продуктивність машини на величину до 84%. Підвищення питомої продуктивності досягається і за рахунок використання трьох і двохзаходним шнеків спеціальної будови. Решітка вовчка збірної конструкції зі змінними пластинами малої товщини дозволяє зменшити її гідравлічний опір, покращити якість обробки сировини та зменшити витрати на придбання такого різального інструменту. Підвищення питомої продуктивності емульсатора в 1,4 рази та зменшення нагріву сировини при подрібненні на 4° С запропоновано досягти використанням бункеру нової конструкції та нагнітача. Запропоновано новий шлях зменшення нагріву сировини в емульсаторі – зменшення площі тертя ножів по перфорованим решіткам за рахунок використання кільцевих елементів жорсткості в решітках та лез ножів із відповідними пазами.

Також в п'ятому розділі наведено розроблені рішення з підвищення працездатності робочих органів машин для подрібнення м'ясної сировини. Запропоновано спосіб зміцнення ножів кутера, заснований на використанні поверхневого зміцнення шляхом високочастотного проковування, здатний підвищити границю витривалості ножів кутера до 2,5 разів. Запропоновано, а також обґрунтовано можливість і доцільність підвищення міцності ножа кутера шляхом його виконання перемінної товщини. Використання захисного піддону дозволяє зменшити зношування шнеку та робочого циліндру вовчка. Розроблено нову конструкцію збірної решітки вовчка зі змінними пластинами. Запропоновано розміщувати леза в ножах вовчка лише в зонах інтенсивного нагнітання сировини шнеком, чим значно зменшується металоємність ножів. Розроблено новий шлях підвищення міцності лез - застосовувати опорне лезо. Використання кільця жорсткості в конструкції перфорованих решіток емульсатора дозволяє зменшити максимальні напруження на 36%. Зносостійкість різального інструменту вовчка запропоновано підвищувати шляхом нанесення зносостійких покриттів. Так застосування металокерамічного покриття марки WC-Co 88/12 підвищує зносостійкість ножів вовчка в 2,6-3,2 рази. Покриття марки WC-Co 88/12 підвищує зносостійкість лез ножів емульсатора в 2,8-3,4 рази.

Технічні рішення, розроблені в даній роботі впроваджені у виробництво на м'ясокомбінаті ТОВ «Черкаська продовольча компанія», що засвідчують акти впровадження.

*Ключові слова:* науково-прикладні основи, кутер, вовчок, емульсатор, науково-винахідницький біном, гідродинаміка, подрібнення, м'ясна сировина, продуктивність, працездатність.

## ANNOTATION

Batrachenko O. V. Scientific and practical bases of improvement of machines for raw meat grinding. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.



A dissertation for a scientific degree of Doctor of Engineering in speciality 05.18.12 – processes and equipment of food, microbiological and pharmaceutical industries. – Cherkasy State Technological University; Kharkiv State University of Food Technology and Trade of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2021.

The dissertation is devoted to the development of scientific and practical bases for improving machines for grinding of raw meat, namely bowl cutters, meat grinders and emulsifiers, based on the development and use of the concept of improving machines for raw meat grinding, which is based on the coordination of raw material hydrodynamics, grinding process, stress-strain state and wear parameters of the working elements of machines. The scientific hypothesis of the work is that the constructive and kinematic parameters of the working elements determine the characteristics of the grinding process and the hydrodynamics of the raw material during processing and after its contact with the working element. At the same time, the hydrodynamics of raw material affects the level of its compression, heating, the process of destruction during grinding, the force load of the working elements. The construction and kinematics of working elements together with their interaction with raw material determine their wear, static, fatigue, vibration, impact strength and corrosive resistance. Identification and disclosure of these system connections in these machines creates conditions for the rapid further development of bowl cutters, meat grinders and emulsifiers in new directions, which until now were not obvious, due to this the improvement of equipment was significantly restrained.

In the introduction, the topicality of the dissertation work is substantiated, its connection with scientific topics of Cherkasy State Technological University is shown, a scientific hypothesis, a purpose, tasks, an object and subject of research are formulated, the scientific novelty and practical significance of the obtained results are given, information on their practical implementation, the main contribution of the applicant, publications and information concerning the approbation of the materials of the dissertation work are stated.

In the first chapter the results of known studies of work processes in machines for raw meat grinding were implemented, as well as the main abilities of their modern models. It was found that, despite the long-term use of bowl cutters, meat grinders and emulsifiers and the study of work processes in them, the problems of improving the specific productivity of these machines, quality of raw material processing, wear resistance and working capacity of working elements remain actual in the future. It was revealed that famous approaches to the process of obtaining new solutions in technology are divided into two main groups, which are based on the use of scientific research and the concepts of the theory of solving inventive problems. Their separate use does not allow to solve problems with difficult technical contradictions. The analysis allowed to formulate research objectives.

The second chapter presents methods of research and processing of the obtained results, describes the used technological, laboratory and measuring equipment, gives estimates of the reliability of the obtained results. As the studied technological equipment meat grinders AJI-130, MII-160, VVS-180, K6-ΦB3Π-200, bowl cutters Laska KR-200-2V, Laska KR-330-2V, an emulsifier Karl Schnell FD 175, an installation for raw meat grinding based on a vacuum syringe of the trade mark Handtmann VF 628 and their cutting sets were selected. High-speed video filming was performed using a set of equipment the base of which was a digital video camera SonyFS700. The analysis of there ceived video file was carried out using the program "Free Video to JPG Converter 5.0.99.823". The research of structural and mechanical properties of raw material was performed using a universal test machine CMT 2503 of Food Resources Institute of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine. The temperature of the raw material was determined by a digital thermometer of the trademark RST07841, as well as using a digital thermovision display device ULIRvision TI384. Hardness of the cutting instrument and experimental samples were determined with the help of the hardness gauge TK-2M. Impact strength of the samples was measured using a pendulum copra MK-30A. A profilometer TIME3221 was used to measure the surface roughness of the cutting instrument and test specimens. The MBC-9 optical microscope was used to determine the rounding-off radius of the cutting edges

of the cutting instrument of machines. In the research of fatigue strength of samples there was used a vibrational electrodynamic installation ВЭДС-200А of the Institute for Problems of Strength named after G.S. Pysarenko of National Academy of Sciences of Ukraine. Pulsed-plasma reinforcement of the cutting instrument and application of wear-resistant coverings were carried out on installation «IMPULSE» of the laboratory of the Institute of Electric Welding named after E.O. Paton of the National Academy of Sciences of Ukraine. Surface strengthening of the test specimens was performed by high-frequency mechanical forging using the installation PWI-IPM of the Institute of Electric Welding named after E.O. Paton. Experiment planning and processing of experimental research results were carried out on the basis of experimental planning theory and applied statistics using a software package STATISTIC 10 and program CurveExpert 1.3. The study of the hydrodynamics of raw material by numerical methods was carried out on the basis of network methods using software packages FlowVision and SolidWorks FlowSimulation. The study of the stress-strain state of the cutting instrument of machines was implemented using a software complex SolidWorks Simulation. Assessment of the quality of raw material processing was carried out using laboratory equipment and by conducting organoleptic evaluation of the obtained minced meat and finished sausage products.

There is a worked out methodological framework of the development of meat grinders, bowl cutters and emulsifiers in the second chapter as well. It is proposed to use the scientific-inventive binomial as a methodological basis for solving technical problems with complicated conflicts. The scientific-inventive binomial is a system-defined mutually integrated combination of scientific research and methodological tools of analysis and resolution of technical contradictions. Based on the use of scientific-inventive binomial, the concept of improving machines for raw meat grinding has been developed.

The third chapter contains the results of studies of the hydrodynamics of raw material in the working zones of bowl cutters, meat grinders and emulsifiers. The nature of interaction of bowl cutter knives with frozen raw material at the initial and middle stages of grinding was revealed. It was established that during high-speed grinding of

raw meat, the bowl cutter knife does not come into contact with it by one of its side surfaces, which significantly expands ideas of the search for effective ways to increase the strength of the bowl cutter knives. The influence of constructive and kinematic parameters of bowl cutter knives on removal of raw material from the grinding zone due to the adhesive interaction of knives with raw material was investigated. The information on wear resistance of various knives of a bowl cutter knife head is specified. The hydrodynamics of raw meat in the working zones of meat grinders and emulsifiers was studied, regularities of raw material movement were established depending on constructive and kinematic parameters of working elements and working zones of these machines and structural-mechanical properties of raw meat. It was found that the screw of the meat grinder feeds the raw material at every time within the local sector, the value of which is determined primarily by the approximation of the flight screw to the hole plates of the cutting mechanism. The provision on the influence of the main constructive and kinematic parameters of the meat grinder and the structural and mechanical properties of the raw material on the productivity of the grinding process was supplemented. Quantitative values of the axial compression modulus, standard penetration stress and shear stress of the main types of raw meat processed in the meat grinders were specified. The presence of a horizontal feed pipe in the emulsifiers causes a significant reduction in the productivity of processing of raw material and increase its heating during grinding. The dependence of the influence of the kinematic parameters of the raw material and the constructive and kinematic parameters of the working elements of the emulsifier on the efficiency of raw material processing in it was revealed. The value of structural and mechanical properties of the main types of raw meat, which is most often processed in emulsifiers, was clarified.

In the fourth chapter, the results of studies of the stress-strain state, endurance and wear resistance of the working elements of bowl cutters, meat grinders and emulsifiers are presented. The value of the pressures acting on the bowl cutter knives under different operating conditions was established by numerical modelling. The static strength of the bowl cutter knives was investigated by mathematical modelling using numerical methods. It was established that bowl cutter knives of all studied types, when

used in modern high-speed machines, work in the range of oscillation frequencies close to resonance. A set of experimental and theoretical studies of the endurance limit of bowl cutter knives was carried out. It was found that their geometric shape significantly affects the endurance limit under alternating loads. By applying numerical simulation, the stress-strain state of the meat grinder knife blades was explored. It was determined that, in contrast to the known assumptions, at equable load of knife blades, use in a design of only a power ring (without a bearing blade) does not lead to essential increase in durability of blades. It was found out that the dependence of stresses and strains in hole plates on their thickness has a linear character. Investigations of the stress-strain state of the emulsifier hole plates with radial rib stiffeners allowed us to establish that the most stressed sections of the hole plate are the attaching points of the rib stiffeners to the outer ring of hardness.

Experimental study of the wear resistance of the cutting instrument of the meat grinders revealed that one of the significant factors in the wear of the cutting edges of the blades of knives and holes of the hole plates is the axial feed of raw meat by the screw of the meat grinder. Wear of the working cylinder of the meat grinder is too heterogeneous both in the circular direction and in the axial direction. We discovered that one of the reasons for significant wear of the cylinder and the screw is their systematic mutual friction at the beginning and end of each work shift during the installation and removal of the screw. The research of wear resistance of knife blades and holes of emulsifier hole plate in production conditions made it possible to establish that the quantities of their wear increase exponentially with an increase in the radius of the location of the measurement point.

The fifth chapter describes the measures developed to improve the effectiveness of raw material processing. Use of a bowl cutter knife, which has a deepening of appropriate width, leads to the improvement of raw material emulsification in the manufacture of structure less sausage products. The construction of the bowl cutter knife with the reduced area of contact with raw material allows to reduce intensity of raw material heating, to reduce expenses of energy for friction of knives on raw material, to increase productivity of the bowl cutter. The structure of the knife, which is

installed in the knife head of the bowl cutter with a negative attack angle permits you to reduce most effectively the heating of raw material and increase the amount of raw material for grinding by the next knives of bowl cutter knife head. The use of additional crescent-shaped blades in the bowl cutter knife lets us intensify the grinding of minced meat of uncooked smoked sausages. The implementation of an alternating cutting angle in the bowl cutter knives allows you to intensify the cutting process. It is advisable to intensify the cutting process by making good use of the kinetic energy of raw material during its movement in the processing zone. Devices of static and dynamic types were developed to realize this approach. The new construction of the knife head enables to increase the specific productivity of the bowl cutter by slowing down the raw material inside the knife head by the knives of the knife blocks.

The rise in the specific productivity of the meat grinder is achieved through the use of two stages of grinding, one of which has a device for raw material feeding in the form of a geared pump. This allows to provide the simultaneous feed of raw material over the entire area of the hole plates of the cutting unit and thus enlarge the productivity of the machine up to 84%. The increase in specific productivity can be achieved through the use of three- and two-flighted screws of special structure. The meat grinder hole plate of a fabricated structure with replaceable plates of small thickness allows to reduce its hydraulic resistance, to improve quality of raw material processing and to reduce expenses for acquisition of such cutting instrument. It was proposed to raise the specific productivity of the emulsifier by 1.4 times and to decrease the raw material heating during grinding by 4° C by using a loading tray of a new design and a feeder. A new way of declining the raw material heating in the emulsifier was offered –reducing the area of friction of knives on the perforated hole plates due to the use of circumferential stiffeners in the hole plates and knife blades with appropriate grooves.

In the fifth chapter the developed decisions on increase of working capacity of working elements of machines for raw meat grinding are given as well. A proposed method of strengthening the bowl cutter knives, based on the use of surface hardening by high-frequency forging, is able to increase the endurance limit of the bowl cutter

knives up to 2.5 times. The possibility and expediency of increasing the strength of the bowl cutter knife by performing it of variable thickness were offered and substantiated too. Applying of a protective tray (pallet) enables to reduce the wear of the screw and the working cylinder of the meat grinder. A new design of a fabricated hole plate of the meat grinder with replaceable plates was worked out. It was proposed to place the blades in the knives of the meat grinder only in zones of intensive feed of raw material by the screw, which significantly reduces the metal consumption of the knives.

A new method of increasing the strength of the blades was developed – using a bearing blade. Use of a stiffening ring in the design of perforated hole plates of the emulsifier allows to reduce the maximum stresses by 36%. It is proposed to rise the wear resistance of the cutting instrument of the meat grinder by applying hardwearing coverings. So the use of metal-ceramic coating of the trademark WC-Co 88/12 increases the wear resistance of the meat grinder knives by 2.6-3.2 times. Coating of the trademark WC-Co 88/12 increases the wear resistance of the blades of the emulsifier knives by 2.8-3.4 times.

The developments carried out in the course of the work were implemented at the meat processing enterprise Cherkasy Food Company LLC that was confirmed by the relevant acts.

*Keywords:* scientific and applied bases, a bowl cutter, a meat grinder, an emulsifier, scientific and inventive binomial, hydrodynamics, grinding, meat raw materials, productivity, efficiency.

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

1. Некоз О. І., Батраченко О. В., Литовченко І. М. Дослідження умов контакту ножів кутера із сировиною з метою підвищення їх міцності // Вісник Черкаського державного технологічного університету: зб. наук. пр. / Черкаський державний технологічний університет. Черкаси: ЧДТУ, 2012. № 1. С. 108–114. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових**

**видань України.** *Внесок здобувача: висунення гіпотези про відповідні особливості гідродинаміки сировини, проведення чисельного моделювання руху потоку сировини навколо ножа кутера, вироблення ідеї про конструкцію ножа перемінної товщини, проведення чисельного моделювання напружено-деформованого стану ножів стандартної та розробленої конструкцій, висновки.*

2. Некоз О. І., Батраченко О. В., Філімонова Н. В., Філімонов С. О. Зменшення металоємності ножів м'ясорізальних вовчків // Вісник Черкаського державного технологічного університету: зб. наук. пр. / Черкаський державний технологічний університет. Черкаси: ЧДТУ, 2013. № 3. С. 154–161. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України.** *Внесок здобувача: проведення чисельного моделювання напружено-деформованого стану ножів найбільш поширених на практиці конструкцій, формулювання висновків та рекомендацій щодо конструктивного виконання ножів.*

3. Некоз О. І., Осипенко В. І., Батраченко О. В. Підвищення ефективності різальної дії ножів кутера // Вісник Черкаського державного технологічного університету: зб. наук. пр. / Черкаський державний технологічний університет. Черкаси: ЧДТУ, 2013. № 4. С. 120–126. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України.** *Внесок здобувача: розробка математичного апарату визначення товщини шару сировини, яка зрізується ножами кутера, що розташовані в першій по напрямку руху сировини площині різання, розробка нових конструкцій ножів та кількісне обґрунтування підвищеної ефективності їх роботи, висновки.*

4. Батраченко О. В. Моделювання умов силового навантаження ножів кутера // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія «Технічні науки» / Вінницький національний аграрний університет. Вінниця: ВНАУ, 2014. № 2. С. 136–141. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України.**

5. Батраченко О. В. Вплив конструктивних параметрів ножів кутера на частоти їх власних коливань // Вібрації в техніці та технологіях: зб. наук. пр. /



Вінницький національний аграрний університет. Вінниця: ВНАУ, 2015. № 1. С. 122–128. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України.**

6. Некоз О. І., Батраченко О. В., Мирошніченко К. А. Обґрунтування шляхів зменшення нагріву фаршу при його подрібненні в емульсаторі // Вісник Черкаського державного технологічного університету: зб. наук. пр. / Черкаський державний технологічний університет. Черкаси: ЧДТУ, 2015. № 2. С. 91–98. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України.** *Внесок здобувача: вироблення концепції зменшення нагріву фаршу за рахунок модифікації пари тертя «ніж–решітка», розробка нової будови різального вузла зі зменшеною площею тертя ножа об решітку, проведення чисельного моделювання напружено-деформованого стану решіток стандартної та розробленої конструкцій, математична обробка отриманих результатів, висновки.*

7. Некоз О. І., Батраченко О. В., Філімонова Н. В. Дослідження інтенсивності зношування лез ножа вовчка // Вісник Черкаського державного технологічного університету: зб. наук. пр. / Черкаський державний технологічний університет. Черкаси: ЧДТУ, 2013. № 2. С. 128–132. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України.** *Внесок здобувача: висунення гіпотези про нерівномірну подачу сировини в різальному вузлі вовчка і про диференційоване зношування окремих лез ножа, проведення натурних та лабораторних досліджень, аналіз отриманих результатів, формулювання висновків.*

8. Некоз О. І., Батраченко О. В., Філімонова Н. В. Гідравлічний опір різального вузла вовчків // Вісник Хмельницького національного університету: зб. наук. пр. / Хмельницький національний технічний університет. Хмельницький: ХНУ, 2015. № 3. С. 13–19. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України і яке включено до міжнародних наукометричних баз.** *Внесок здобувача: розробка конструкції пристрою для*

*дослідження гідравлічного опору, проведення досліджень, математична обробка результатів досліджень, висновки.*

9. Осипенко В. І., Філімонова Н. В., Батраченко О. В. Теоретичне визначення коефіцієнта продуктивності вовчка // Вісник Хмельницького національного університету: зб. наук. пр. / Хмельницький національний технічний університет. Хмельницький: ХНУ, 2015. № 5. С. 101–106. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України і яке включено до міжнародних наукометричних баз.** *Внесок здобувача: розробка математичного апарату по визначенню коефіцієнта продуктивності вовчка, формулювання висновків.*

10. Мирошніченко К. А., Батраченко О. В. Витратні характеристики бункерів емульситаторів // Вісник Хмельницького національного університету: зб. наук. пр. / Хмельницький національний технічний університет. Хмельницький: ХНУ, 2016. № 5. С. 14–18. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України і яке включено до міжнародних наукометричних баз.** *Внесок здобувача: вироблення гіпотези про істотний вплив конфігурації бункера на продуктивність емульситатора і нагрів сировини в його різальному вузлі, проведення експериментальних досліджень, обробка отриманих результатів, формулювання висновків.*

11. Батраченко О. В., Литовченко І. М. Дослідження гідродинаміки м'ясної сировини в бункері емульситатору з горизонтальним живлячим патрубком // Вісник Хмельницького національного університету: зб. наук. пр. / Хмельницький національний технічний університет. Хмельницький: ХНУ, 2017. № 2. С. 7–12. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України і яке включено до міжнародних наукометричних баз.** *Внесок здобувача: проведення чисельного моделювання гідродинаміки сировини в бункер того типу, який найчастіше використовується в емульситаторах, аналіз отриманих результатів, формулювання рекомендацій щодо конструктивних і геометричних параметрів бункерів, які б мали більшу пропускну здатність.*

12. Мирошніченко К. А., Батраченко О. В. Реологічні властивості основних видів м'ясного фаршу, що переробляються в емульситаторі // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. / Харків. держ. ун-т харчування та торгівлі. Харків: ХДУХТ, 2017. № 2. С. 206–218. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України і яке включено до міжнародних наукометричних баз.** *Внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень та обробка їх результатів, формулювання висновків.*

13. Мирошніченко К. А., Батраченко О. В. Адгезійні властивості основних видів м'ясних фаршів, що найчастіше переробляються в емульситаторі // Вісник Черкаського державного технологічного університету: зб. наук. пр. / Черкаський державний технологічний університет. Черкаси: ЧДТУ, 2017. № 2. С. 99–104. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України і яке включено до міжнародних наукометричних баз.** *Внесок здобувача: висунення робочої гіпотези про істотний вплив матеріалу стінок бункера емульситатора на його пропускну здатність, проведення експериментальних досліджень та обробка їх результатів.*

14. Батраченко О. В. Пошук перспективних шляхів розвитку технічної системи на основі методики статистичних даних // Вісник Черкаського державного технологічного університету: зб. наук. пр. / Черкаський державний технологічний університет. Черкаси: ЧДТУ, 2017. № 3. С. 57–64. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України і яке включено до міжнародних наукометричних баз.**

15. Осипенко В. І., Філімонова Н. В., Батраченко О. В. Чисельне моделювання подачі м'ясної сировини шнеком вовчка // Вісник Хмельницького національного університету: зб. наук. пр. / Хмельницький національний технічний університет. Хмельницький: ХНУ, 2017. № 3. С. 73–77. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України і яке включено до міжнародних наукометричних баз.** *Внесок здобувача: чисельне*

*моделювання руху сировини в робочому циліндрі під дією шнека вовчка, аналіз отриманих результатів, формулювання висновків.*

16. Батраченко О. В. **Методологічна концепція розвитку технічних систем харчової промисловості // Вісник Хмельницького національного університету: зб. наук. пр. / Хмельницький національний технічний університет. Хмельницький: ХНУ, 2017. № 4. С. 32–41. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України і яке включено до міжнародних наукометричних баз.****

17. Некоз О. І., Батраченко О. В., Філімонова Н. В. **Особливості гідродинаміки м'ясної сировини при її подачі шнеком вовчка // Вісник Хмельницького національного університету: зб. наук. пр. / Хмельницький національний технічний університет. Хмельницький: ХНУ, 2017. № 6. С. 37–42. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України і яке включено до міжнародних наукометричних баз.** *Внесок здобувача: висунення гіпотези про нерівномірний характер подачі сировини шнеком вовчка крізь його різальний вузол, проведення досліджень, аналіз отриманих результатів.***

18. Некоз О. І., Батраченко О. В., Філімонова Н. В. **Перспективні шляхи підвищення питомої продуктивності вовчків // Вісник Хмельницького національного університету: зб. наук. пр. / Хмельницький національний технічний університет. Хмельницький: ХНУ, 2018. № 1. С. 251-255. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України і яке включено до міжнародних наукометричних баз.** *Внесок здобувача: висунення робочої ідеї про шлях підвищення питомої продуктивності вовчків, проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів.***

19. Батраченко О. В., Вербицький С. Б. **Науково-винахідницький біном, як концептуальна основа технічного удосконалення конструкцій м'ясорізальних вовчків і кутерів // Продовольчі ресурси: зб. наук. праць / Інститут прод. ресурсів НААНУ. Київ: ІПР, 2018. № 1. С. 13–27. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України.** *Внесок***

здобувача: висунення робочої ідеї про доцільність використання поняття «науково-винахідницький біном», висвітлення прямої та зворотної задачі при використанні науково-винахідницького бінома.

20. Чудов В. В., Батраченко О. В., Філімонова Н. В., Філімонов С. О. Моделювання взаємодії ножів кутера з м'ясною сировиною // Вісник Хмельницького національного університету: зб. наук. пр. / Хмельницький національний технічний університет. Хмельницький: ХНУ, 2018. № 6. С. 48–53. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України і яке включено до міжнародних наукометричних баз.** Внесок здобувача: проведення математичного моделювання та аналіз отриманих результатів, вироблення рекомендацій щодо конструктивного виконання ножів кутера.

21. Вербицький С. Б., Батраченко О. В., Філімонова Н. В. Удосконалення математичної моделі подрібнення м'ясної сировини на роторному емульситаторі // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. пр. / Центральноукр. нац. техн. ун-т. Кропивницький: ЦНТУ, 2019. № 1. С. 25–35. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України і яке включено до міжнародних наукометричних баз.** Внесок здобувача: розробка математичного виразу визначення потужності приводу емульситатора.

22. Різальний механізм пристрою для подрібнення харчової сировини: пат. на винахід 114119 Україна: МПК В02С 18/36 / Некоз О. І., Батраченко О. В., Іванов П. В. та ін.; власник Батраченко О. В. № а201504547; заявл. 12.05.2015; опубл. 25.04.2017, Бюл. № 8/2017. Внесок здобувача: вироблення концепції зменшення нагріву фаршу за рахунок модифікації пари тертя «ніж–решітка», розробка нової будови різального вузла зі зменшеною площею тертя ножа об решітку.

23. Спосіб зміцнення ножа кутера: пат. на винахід 116036 Україна, МПК С21D7/08, В02С 18/20 / Батраченко О. В.; власник Батраченко О. В. № а201602692; заявл. 18.03.2016; опубл. 25.01.2018, Бюл. № 2/2018.

24. Ножова головка кутера: пат. на винахід 116037 Україна, МПКВ02С 18/06 / Батраченко О. В.; власник Батраченко О. В. № а201602700; заявл. 18.03.2016; опубл. 25.01.2018, Бюл. № 2/2018.

25. Ніж кутера: пат. на винахід 116156 Україна, МПКВ02С 18/20 / Батраченко О. В.; власник Батраченко О. В. № а201602693; заявл. 18.03.2016; опубл. 12.02.2018, Бюл. № 3/2018.

26. Ніж кутера: пат. на винахід 118301 Україна, МПКВ02С 18/06 / Батраченко О. В., Філімонова Н. В.; власник Батраченко О. В. № а201702444; заявл. 16.03.2017; опубл. 26.12.2018, Бюл. № 24/2018. *Внесок здобувача: розробка нової конструкції ножа кутера збірної будови, використання якого дає можливість підвищити ефективність подрібнення фаршів безструктурних ковбасних виробів.*

27. Ножова головка кутера: пат. на винахід 119785 Україна, МПК В02С 18/16 / Філімонова Н. В., Філімонов С. О., Батраченко О. В. ; власник Батраченко О. В. № а201702435; заявл. 16.03.2017; опубл. 12.08.2019, Бюл. № 15/2019. *Внесок здобувача: розробка нової конструкції ножової головки з покращеною подрібнювальною здатністю при кутеруванні безструктурних фаршів.*

28. Пристрій для підвищення подрібнювальної здатності кутера: пат. на винахід 120070 Україна, МПК В02С 18/18 / Батраченко О. В.; власник Батраченко О. В. № а201709864; заявл. 16.03.2017; опубл. 25.09.2019, Бюл. № 18/2019. *Внесок здобувача: розробка конструкції пристрою для підвищення подрібнювальної здатності кутера.*

29. Вовчок: пат. на винахід 122178 Україна, МПК В02С 18/16/Батраченко О. В., Батраченко В. Г., Філімонов С. О., Філімонова Н. В.; власник Батраченко О. В. № а201811629; заявл. 26.11.2018; опубл. 25.09.2020, Бюл. № 18/2020. *Внесок здобувача: постановка задачі, вироблення концепції захисного пристрою для шнекового механізму вовчка.*

30. Ніж вовчка: пат. на корисну модель № 83391 Україна, МПК В02С 18/30 / Некоз О. І., Батраченко О. В., Філімонова Н. В. та ін.; власник Батраченко

О. В. № u201302186; заявл. 21.02.2013; опубл. 10.09.2013, Бюл. № 17/2013.  
*Внесок здобувача: розробка нової конструкції секторного ножа вовчка.*

31. 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.; власник Батраченко О. В. № u201312240; заявл. 21.10.2013; опубл. 25.02.2014, Бюл. № 4/2014. *Внесок здобувача: розробка нової будови вовчка з підвищеною питомою продуктивністю.*

32. Ніж кутера: пат. на корисну модель 71901 Україна, МПК В02С 18/20 / Некоз О. І., Батраченко О. В., Литовченко І. М. та ін.; власник Батраченко О. В. № u201201630; заявл. 14.02.2012; опубл. 25.07.2012, Бюл. № 14/2012. *Внесок здобувача: розробка нової конструкції ножа перемінної товщини, який має підвищену міцність.*

33. Ніж кутера: пат. на корисну модель 88060 Україна, МПК В02С 18/20 / Некоз О. І., Батраченко О. В., Осипенко В. І. та ін.; власник Батраченко О. В. № u201312243; заявл. 21.10.2013; опубл. 25.02.2014, Бюл. № 4/2014. *Внесок здобувача: розробка нової конструкції ножа кутера з підвищеною подрібнювальною здатністю.*

34. Ніж кутера: пат. на корисну модель 88061 Україна, МПК В02С 18/20 / Некоз О. І., Батраченко О. В., Осипенко В. І. та ін.; власник Батраченко О. В. № u201312243; заявл. 21.10.2013; опубл. 25.02.2014, Бюл. № 4/2014. *Внесок здобувача: розробка нової конструкції ножа кутера з підвищеною подрібнювальною здатністю.*

35. Ножова головка кутера: пат. на корисну модель 126397 Україна, МПКВ02С 18/18 / Батраченко О. В.; власник Батраченко О. В. № a201602704; заявл. 18.03.2016; опубл. 25.06.2018, Бюл. № 12/2018.

36. Решітка пристрою для подрібнення харчової сировини: пат. на корисну модель 132446 Україна, МПКВ02С 18/00 / Хандюк М. В., Філімонова Н. В., Філімонов С. О., Батраченко О. В.; власник Батраченко О. В. № u201809782; заявл. 01.10.2018; опубл. 25.02.2019, Бюл. № 4/2019. *Внесок здобувача: розробка нової конструкції решітки вовчка, використання якої дає*

*можливість покращити якість обробки сировини за рахунок зменшення гідравлічного опору решітки.*

37. Некоз О. І., Батраченко О. В., Хом'як А. В. Зменшення собівартості ножів вовчка // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті: тези доп. міжнар. наук. конф., 15-16 квіт. 2013 р. / НУХТ. Київ, 2013. С. 161–164. *Внесок здобувача: розробка та обґрунтування нової конструкції секторного ножа вовчка.*

38. Некоз О. І., Батраченко О. В. Вдосконалення різального інструменту м'ясорізальних машин // Актуальні проблеми харчової промисловості: тези доп. всеукр. наук.-техн. конф., 8-9 жовт. 2013 р. / ТНТУ. Тернопіль, 2013. С. 37–38. *Внесок здобувача: розробка нових конструкцій різального інструменту вовчків, кутеріві емульситаторів, їх систематизація.*

39. Батраченко О. В. Вібростійкість ножів сучасних моделей кутерів // Сучасні технології харчових виробництв: тези доп. I Міжнар. наук.-практ. конф., 26-27 берез. 2015 р. / ВНАУ. Вінниця, 2015. С. 9–11.

40. Батраченко О. В. Влияние вибрации ножей куттера на их напряженно-деформированное состояние // Вібрації в техніці та технологіях: тези доп. XIV міжнар. наук.-техн. конф., 21-25 верес. 2015 р. / ДНУ ім. Олесья Гончара. Дніпро, 2015. С. 12–13.

41. Батраченко О. В., Філімонова Н. В., Філімонов С. О. Підвищення ефективності переробки сировини у вовчках // Системи розробки та постановки продукції на виробництво: тези доп. міжнар. наук.-практ. конф., 17-20 трав. 2016 р. / СумДУ, 2016. С. 177–180. *Внесок здобувача: вироблення робочих гіпотез, проведення експериментальних досліджень, розробка нових, більш досконалих конструкцій.*

42. Батраченко О. В., Мирошніченко К. А. Вдосконалення різального вузла емульситатора // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті: тези доп. міжнар. наук. конф., 13-14 квіт. 2016 р. / НУХТ. Київ, 2016. С. 123. *Внесок здобувача: вироблення робочої гіпотези, проведення*



*досліджень за допомогою чисельних методів, розробка нової, більш досконалої конструкції.*

43. Klyuk O., Batrachenko O. Constructive ways of increasing of durability of cutting machines' tool for grinding meat // 8<sup>th</sup> Central European Congress on Food 2016 –Food Science for Well-being:тези доп. 8-го Центрально-Європейського конгресу, May 23-26 / NUFT. Kyiv, Ukraine, 2016. P.49. *Внесок здобувача: розробка конструктивних шляхів підвищення довговічності різального інструменту вовчків, кутерів і емульсаторів.*

44. Батраченко О. В. Вдосконалення різального інструменту кутерів на основі досліджень гідродинаміки сировини при кутеруванні // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність: тези доп. міжнар. наук.-практ. конф., 18-19 трав. 2017 р. / ХДУХТ. Харків, 2017. С. 236–237.

45. Батраченко О. В. Перспективи розвитку м'ясорізальних машин на основі узгодження гідродинаміки сировини та процесів її подрібнення // Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності: тези доп. II міжнар. наук.-практ. конф., 5-7 верес. 2017 р. / ТДАТУ ім. Д. Моторного. Мелітополь – Кирилівка, 2017. С. 127–128.

46. Некоз О. І., Батраченко О. В. Використання кінетичної енергії сировини для інтенсифікації процесу кутерування // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: тези доп. міжнар. наук. конф., 23-24 квіт. 2018 р. / НУХТ. Київ, 2018. С. 25. *Внесок здобувача: вироблення робочої гіпотези, розробка конструкції, проведення експериментальних досліджень.*

47. Некоз О. І., Батраченко О. В. Підвищення подрібнювальної здатності кутера при приготуванні фаршів безструктурних ковбасних виробів // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: тези доп. міжнар. наук. конф., 23-24 квіт. 2018 р. / НУХТ. Київ, 2018. С. 26. *Внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень, розробка нової, більш досконалої конструкції.*

48. Некоз О. І., Батраченко О. В., Копчевський П. М. Поверхнєве зміцнення, як спосіб підвищення втомної міцності ножів кутера // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність: тези доп. міжнар. наук.-практ. конф., 19 листоп. 2018 р. / ХДУХТ. Харків, 2018. С. 340–342. *Внесок здобувача: висунення робочої гіпотези про перспективний спосіб зміцнення ножів кутера, підготовка дослідних зразків до експериментальних досліджень, аналіз результатів експериментальних досліджень, вироблення висновків.*

49. Філімонов С. О., Філімонова Н. В., Батраченко О. В. Методологічна концепція розвитку обладнання харчової промисловості // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність: тези доп. міжнар. наук.-практ. конф., 19 листоп. 2018 р. / ХДУХТ, Харків, 2018. С. 369–371. *Внесок здобувача: розроблення методологічної концепції обладнання харчової промисловості, вироблення висновків.*

50. Філімонов С. О., Філімонова Н. В., Батраченко О. В. Науково-винахідницький біном – концептуальна основа прогресивних рішень з вдосконалення обладнання // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність: тези доп. міжнар. наук.-практ. конф., 19 листоп. 2018 р. / ХДУХТ. Харків, 2018. С. 371–373. *Внесок здобувача: висунення робочої ідеї про доцільність використання поняття «науково-винахідницький біном», висвітлення прямої та зворотної задач при використанні науково-винахідницького бінома.*

51. Некоз О. І., Батраченко О. В. Підвищення втомної міцності ножів кутера // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті: тези доп. міжнар. наук. конф., 10-11 квіт. 2019 р. / НУХТ. Київ, 2019. С. 341. *Внесок здобувача: висунення робочої гіпотези про доцільність забезпечення невисокої твердості серцевини корпусу ножа та високої твердості його поверхні, проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів.*

52. Некоз О. І., Батраченко О. В. Науково-винахідницький біном, як основа методологічної концепції розвитку обладнання харчової промисловості// Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: тези доп. міжнар. наук. конф., 10-11 квіт. 2019 р. / НУХТ. Київ, 2019. С. 339. *Внесок здобувача: висунення робочої ідеї про доцільність використання поняття «науково-винахідницький біном», розробка структури прямої та зворотної задач при використанні науково-винахідницького бінома.*

53. Некоз О. І., Батраченко О. В. Підвищення втомної міцності ножів кутера шляхом їх поверхневого зміцнення // Перспективи розвитку машинобудування та транспорту: тези доп. міжнар. наук. конф., 13-15 трав. 2019 р. / ВНТУ. Вінниця, 2019. С. 152–153. *Внесок здобувача: висунення робочої гіпотези, проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів.*

54. Батраченко О. В., Філімонова Н. В. Структурно-механічні властивості м'яса, як об'єкта переробки у вовчку // Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем: тези доп. міжнар. наук. конф., 14-16 трав. 2019 р. / ЧНТУ. Чернігів, 2019. С. 47–49. *Внесок здобувача: постановка задачі досліджень, аналіз отриманих результатів та вироблення висновків.*

55. Некоз О. І., Батраченко О. В. Науково-прикладні основи розвитку машин для подрібнення м'ясної сировини // Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності: тези доп. міжнар. наук.-практ. конф., 4-6 верес. 2019 р. / ТДАТУ ім. Д. Моторного. Мелітополь – Кирилівка, 2019. С. 57–59. *Внесок здобувача: висунення концепції про взаємозв'язок ефективності подрібнення сировини, довговічності різального інструменту та гідродинаміки сировини в машинах для подрібнення м'ясної сировини.*

56. Некоз О. І., Осипенко В. І., Батраченко О. В., Філімонова Н. В. Теорія і практика роботи конструктора машин і апаратів харчових виробництв: підручник. Черкаси: ЧДТУ, 2019. 680 с. *Внесок здобувача: методологічні засади розробки нових технічних рішень при розвитку машин і апаратів харчових*

*виробництв, приклади застосування результатів наукових досліджень для вдосконалення машин і апаратів харчових виробництв.*

57. Некоз О. І., Батраченко О. В. Проектування м'ясорізальних вовчків: навч. посіб. Черкаси: ЧДТУ, 2014. 221 с. *Внесок здобувача: розробка методики проектування вовчків, виконання огляду сучасних їх конструкцій, вироблення рекомендацій щодо конструктивного виконання вовчків.*

## ЗМІСТ

	С
ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	34
ВСТУП	35
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ВДОСКОНАЛЕННЯ МАШИН ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ М'ЯСНОЇ СИРОВИНИ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	45
1.1 Обґрунтування вибору основних видів машин для подрібнення м'ясної сировини	45
1.2 Конструктивні особливості сучасних кутерів та основні результати досліджень робочих процесів в них	47
1.3 Сучасні технічні рішення у вовчках та завдання, що потребують подальшого вирішення	54
1.4 Будова емульситаторів та огляд відомих досліджень їх роботи	70
1.5 Відомі шляхи підвищення працездатності робочих органів вовчків, кутерів та емульситаторів	77
1.6 Системний підхід, як основа ефективного вдосконалення машин для подрібнення м'ясної сировини	82
1.7 Висновки за розділом 1	86
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕНЬ, АПАРАТУРА ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТІВ	89
2.1 Експериментальна база досліджень та оцінка достовірності результатів	89
2.2 Методики та обладнання для експериментальних досліджень параметрів процесів подачі та подрібнення сировини	95
2.2.1 Методики та обладнання для визначення продуктивності машин для подрібнення м'ясної сировини та енергоємності їх роботи	95
2.2.2 Методики експериментальних досліджень гідродинаміки	97

сировини в робочих зонах машин	
2.2.3 Методики дослідження гідродинаміки сировини та напружено-деформованого стану робочих органів чисельними методами	103
2.2.4 Методики визначення структурно-механічних характеристик сировини та органолептичних властивостей напівфабрикатів і готової продукції	112
2.2.5 Методика досліджень теплового стану сировини та елементів конструкції обладнання на різних етапах процесу обробки	118
2.3 Методики і обладнання для дослідження мікрогеометричних і механічних характеристик та величини зношування робочих органів кутерів, вовчків і емульситаторів	119
2.3.1 Методика і обладнання для дослідження втомної міцності ножів кутера	119
2.3.2 Методики і обладнання для визначення шорсткості поверхні, твердості та ударної в'язкості різального інструменту машин	120
2.3.3 Методика і обладнання для визначення величини зношування робочих органів машин	121
2.4 Технологічні методи підвищення працездатності різального інструменту машин	124
2.5 Методологічний базис вирішення складних технічних задач при вдосконаленні машин	127
2.6 Схема алгоритму реалізації концептуальної гіпотези вдосконалення машин для подрібнення м'ясної сировини	132
2.7 Висновки за розділом 2	135
<b>РОЗДІЛ 3. ГІДРОДИНАМІКА М'ЯСНОЇ СИРОВИНИ В РОБОЧИХ ЗОНАХ МАШИН</b>	<b>137</b>
3.1 Гідродинаміка сировини в процесі кутерування	137

3.1.1	Подача м'ясної сировини в зону подрібнення кутера та особливості її взаємодії з лезами ножової головки	137
3.1.2	Аналіз результатів високошвидкісної відеозйомки та чисельного моделювання кінематики руху м'ясної сировини в зоні подрібнення	158
3.1.3	Чисельне моделювання гідродинаміки обтіканні леза ножа м'ясною сировиною	170
3.1.4	Термографія робочої зони кутера	175
3.2	Гідродинаміка сировини в процесі її подрібнення у вовчка	184
3.2.1	Особливості подачі м'ясної сировини в різальний вузол шнеком вовчка	184
3.2.2	Математичні моделі для розрахунку впливу конструктивних параметрів робочих органів вовчка на його продуктивність	196
3.2.3	Гідродинаміка сировини в різальному вузлі вовчка	235
3.2.4	Уточнення структурно-механічних властивостей сировини	240
3.3	Гідродинаміка сировини при її подрібненні в емульситаторі	245
3.3.1	Вплив швидкості подачі сировини на ефективність її обробки	245
3.3.2	Вплив конструктивного виконання бункеру на швидкість подачі сировини	249
3.3.3	Гідродинаміка сировини в різальному вузлі емульситатора	266
3.3.4	Уточнення структурно-механічних властивостей напівфабрикатів, що обробляються у емульситаторах	268
3.4	Висновки за розділом 3	271
<b>РОЗДІЛ 4. НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН І ДОВГОВІЧНІСТЬ РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИН ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ М'ЯСНОЇ СИРОВИНИ</b>		<b>276</b>
4.1	Причини та наслідки руйнування ножів кутера під час роботи	276
4.2	Напружено-деформований стан ножів кутера	285

4.2.1	Силовий вплив сировини на ножі	285
4.2.2	Чисельне дослідження частот власних коливань різнотипних ножів кутера та впливу вібраційних навантажень на їх напружено-деформований стан	291
4.3	Експериментальне та чисельне моделювання втомної витривалості ножів кутерів	299
4.3.1	Експериментальні дослідження впливу технологій обробки на втомну витривалість зразків сталі 65Г	299
4.3.2	Чисельне дослідження втомної витривалості ножів кутерів при знакозмінних навантаженнях	300
4.4	Чисельне дослідження напружено-деформованого стану ножів вовчка	304
4.5	Чисельні дослідження напружено-деформованого стану перфорованих решіток	308
4.5.1	Напружено-деформований стан решіток вовчка	308
4.5.2	Напружено-деформований стан решіток емульсатора	310
4.6	Експериментальні дослідження параметрів зношування робочих органів вовчка	312
4.6.1	Зношування різального інструменту	312
4.6.2	Зношування робочого циліндру	313
4.7	Зношування різального інструменту емульсатора	317
4.8	Висновки за розділом 4	318
РОЗДІЛ 5. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ КОНЦЕПЦІЇ ВДОСКОНАЛЕННЯ КУТЕРІВ, ВОВЧКІВ І ЕМУЛЬСАТОРІВ		321
5.1	Параметри процесів подачі сировини, її подрібнення та силового навантаження робочих органів машин, які потребують більш високого рівня узгодження	321
5.2	Технічні та технологічні рішення з вдосконалення машин для подрібнення м'ясної сировини	330
5.2.1	Вдосконалення конструкції кутерів	330



5.2.2	Вдосконалення конструкції вовчків	369
5.2.3	Вдосконалення конструкції емульсаторів	397
5.3	Висновки за розділом 5	408
	ВИСНОВКИ	411
	СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	416
	ДОДАТКИ	452
	Додаток А. Рівняння регресії та їх коефіцієнти	453
	Додаток Б. Технологічне обладнання для проведення поверхневої зміцнювальної обробки	456
	Додаток В. Акти впровадження результатів досліджень	460
	Додаток Г. Оцінка ефективності використання вдосконалених конструкцій машин для подрібнення м'ясної сировини	466
	Додаток Д. Патенти на винахід та на корисну модель	487
	Додаток Е. Список публікацій здобувача за темою дисертації та відомості про апробацію результатів дисертації	562

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

МПМС – машини (машина) для подрібнення м'ясної сировини

РВ – різальний вузол;

РІ - різальний інструмент;

ВПС – вузол для подачі сировини;

ТС - технічна система;

ГО – гідравлічний опір;

ТЛ – лобовий тиск, що діє на лезо ножа кутера;

ТБ – боковий тиск, що діє на корпус ножа кутера і який виникає внаслідок подачі сировини чашею кутера;

ФВА - функціонально-вартісний аналіз.

## ВСТУП

**Обґрунтування вибору теми дослідження.** Розвиток техніки, її вдосконалення та поліпшення – це процес безупинного переведення економіки на новий рівень технології, а суспільства на нову щабель технічного прогресу. В даному контексті обов'язковою вимогою для подальшого прогресу в харчовому секторі економіки країни є розвиток машино-апаратного оформлення технологічних ліній, який би забезпечив збільшення ефективності обробки сировини, зменшення витрат на придбання обладнання та на його експлуатацію.

Особливо актуальним є виконання даних вимог в м'ясопереробній галузі. Висока собівартість сировини обумовлює необхідність високоякісної її обробки з метою зменшення втрат, а широке використання операцій подрібнення, їх значна енергоємність та специфічний вплив властивостей сировини на процеси зношування робочих органів обумовлюють значні експлуатаційні витрати на утримання та ремонт технологічного обладнання.

На нашу думку, істотного покращення показників технологічного обладнання можна досягти, якщо розв'язати існуючі в ньому складні технічні протиріччя. Проблеми у розв'язку таких протиріч, найчастіше, виникають не через відсутність спроб їх вирішення, а через відсутність нових знань, які б дозволили більш глибоко та вірно зрозуміти причини виникнення проблемної задачі та виявити нові залежності між її параметрами. Отримання таких знань відбувається в результаті наукових досліджень процесів та явищ, які супроводжують роботу технічної системи. Отже, саме проведення наукових досліджень дозволить отримати врешті такі результати, які сприяють вирішенню найскладніших технічних задач із вдосконалення технологічного обладнання.

В сучасних умовах розвиненого технічного прогресу та конкурентної ринкової економіки процеси проектування, конструювання та впровадження у виробництво нових зразків технологічного обладнання повинні відбуватись швидко, динамічно реагуючи на вимоги технології та виклики ринку. Для вирішення цієї задачі продукування самих ідей, які лежать в основі нових моделей обладнання, повинно відбуватись так само оперативно.

Зважаючи на це, актуальним є створення таких положень, які б дозволили з'ясувати основні напрямки, принципи та саму логіку розвитку технологічного обладнання, робити це якісно і в короткі терміни. Уособити в собі ці положення може концепція вдосконалення машин для подрібнення м'ясної сировини.

Близько 70% операцій технологічного процесу виготовлення ковбасних виробів та фаршевих напівфабрикатів займають операції подрібнення м'ясної сировини. Вони в значній мірі визначають якість та вихід готового продукту. Основними видами подрібнювального обладнання м'ясопереробних виробництв були і залишаються вовчки, кутери та емульситатори.

Дослідженням робочих процесів в даних машинах та їх поліпшенням займались В. М. Горбатов, Г. О. Прейс, А. І. Пелєєв, В. К. Кукшин, О. І. Некоз, Ю. Г. Сухенко, М. М. Клименко, С. Г. Юрков, Т. В. Чижикова, В. Ю. Сухенко, А. С. Андріанов, В. К. Бубиренко, В. В. Дуб, Г. В. Бакунц, В. Д. Косой, С. Б. Вербицький та інші дослідники. Незважаючи на вагомість отриманих при цьому результатів, їх не можна вважати вичерпними для окремих аспектів робочих процесів в даних машинах.

Проведений нами аналіз дозволив встановити, що в сучасних моделях вовчків, кутерів і емульситаторів недостатньою є питома продуктивність (продуктивність, яка віднесена до діаметру різального вузла машини), якість обробки сировини (рівень підвищення температури сировини при подрібненні, її вологовміст), працездатність робочих органів (статична і втомна міцність, зносостійкість), зависокою є енергоємність роботи (кВт·год/кг). Нами висунуто гіпотезу про те, що певні особливості гідродинаміки сировини в робочих зонах цих машин істотно знижують їх максимально досягну питому продуктивність та обумовлюють погіршену якість отримуваних напівфабрикатів. Специфічний характер руху сировини та її фізико-механічні властивості суттєво впливають на зносостійкість, міцність та втомну витривалість робочих органів.

Дослідження та належне врахування цих явищ дасть змогу підвищити випуск м'ясної продукції без збільшення капітальних і експлуатаційних витрат на утримання технологічного обладнання та покращити якість обробки сировини.

Підвищення ж довговічності та зменшення металоємності робочих органів дасть змогу підвищити фактичну продуктивність машин завдяки скороченню кількості нерегламентованих ремонтних робіт. Також стане можливим зменшити наявні експлуатаційні витрати на різальний інструмент, вартість якого для означених видів обладнання є істотно високою.

В основу даної роботи покладено розроблену концепцію вдосконалення машин для подрібнення м'ясної сировини, яка ґрунтується на системному взаємоузгодженні гідравлічних процесів подачі м'ясної сировини та механічних процесів її подрібнення. Сутність концепції полягає в тому, що визначаються та взаємоузгоджуються параметри системи подачі та подрібнення, які забезпечують максимальну загальну ефективність процесу, включаючи напружено-деформований стан, втомну витривалість і характеристики зношування робочих органів.

Уточнення відомих та встановлення нових системних зв'язків між конструктивними та кінематичними характеристиками вузлів обладнання, структурно-механічними характеристиками сировини та параметрами гідравлічних процесів подачі та механічних процесів подрібнення, встановлення закономірностей взаємовпливу даних процесів та необхідного рівня їх взаємоузгодження, виявлення впливу на напружено-деформований стан, зношування та втомну витривалість робочих органів і є центральним завданням даної роботи, вирішення якого є науковим підґрунтям стрімкого подальшого розвитку машин для подрібнення м'ясної сировини та обумовлює актуальність роботи.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Наукові дослідження, які являють собою основу дисертаційної роботи, виконано у Черкаському державному технологічному університеті згідно з госпдоговірними темами № 70-2008 «Підвищення ефективності роботи та довговічності м'ясорізальних машин» (держ. реєст. № 0108U010861), № 79-09 «Розроблення сучасного вітчизняного комплексу м'ясорізальних машин» (держ. реєст. № 0110U006180) та "Організаційно-економічні рішення та

інноваційні моделі підвищення якості й безпеки продукції тваринництва в Україні (держ. реєст. № 0118U003863).

**Концептуальна гіпотеза роботи** полягає у встановленні та взаємоузгодженні параметрів гідравлічних процесів подачі сировини, механічних процесів її подрібнення, напружено-деформованого стану та характеристик зношування і втомної витривалості робочих органів вовчків, кутерів і емульсаторів. Взаємоузгодження означених параметрів забезпечує підвищення якості обробки сировини, питомої продуктивності, енергоефективності, працездатності даних машин та зниження вартості їх експлуатації.

**Мета роботи** полягає в подальшому розвитку науково-прикладних основ ефективного вдосконалення машин для подрібнення м'ясної сировини, яке забезпечує суттєве підвищення питомої продуктивності, енергоефективності, якості обробки сировини, надійності та довговічності експлуатації вовчків, кутерів і емульсаторів. Для досягнення мети були поставлені такі **завдання**:

- провести аналіз існуючих конструкцій вовчків, кутерів і емульсаторів, їх технологічних параметрів та відомих методологічних підходів до їх вдосконалення;
- розробити методики дослідження процесів, які відбуваються при взаємодії робочих органів машин із м'ясною сировиною під час її переробки, спроектувати та виготовити відповідне апаратне оформлення даних методик;
- запропонувати та обґрунтувати ефективну концепцію вдосконалення вовчків, кутерів і емульсаторів на підґрунті взаємоузгодження гідродинаміки сировини, процесу її подрібнення закономірностей їх впливу на напружено-деформований стан, характеристики зношування та втомну витривалість робочих органів машин;
- встановити особливості гідродинаміки м'ясної сировини в робочих зонах машин, закономірності їх впливу на процес подрібнення, способи взаємоузгодження конструктивних параметрів систем подачі та подрібнення;

- виявити закономірності впливу параметрів взаємодії робочих органів машин з м'ясною сировиною на їх напружено-деформований стан, характеристики зношування та межу втомної витривалості;
- встановити частотні діапазони коливань ножів кутерів, базові фактори що його визначають та характеристики впливу вібраційних навантажень на напружено-деформований стан ножів;
- виявити закономірності впливу технологій зміцнення матеріалу та геометричних характеристик ножів кутерів на межу їх втомної витривалості;
- встановити закономірності зношування базових елементів вузлів подрібнення кутерів та емульсаторів;
- запропонувати комплекс конструктивних та технологічних заходів для підвищення зносостійкості, механічної міцності та втомної витривалості робочих органів вовчків, кутерів і емульсаторів;
- на основі розробленої концепції та отриманих результатів досліджень обґрунтувати напрямки вдосконалення та розвитку конструкцій вовчків, кутерів і емульсаторів з суттєво підвищеними питомою продуктивністю, якістю обробки сировини і енергоефективністю;
- провести дослідно-промислові випробування вдосконалених машин та оцінити економічну ефективність запропонованих технічних рішень.

**Об'єкти дослідження:** процеси подачі та подрібнення м'ясної сировини у вовчках, кутерах і емульсаторах, зношування та напружено-деформований стан і втомна витривалість їх робочих органів.

**Предмет дослідження:** закономірності впливу конструктивних та кінематичних характеристик робочих органів вовчків, кутерів і емульсаторів на процеси гідродинаміки подачі та подрібнення сировини, їх взаємозалежність, взаємоузгодження і вплив на ефективність процесу, зношування та напружено-деформований стан і втомну витривалість робочих органів.

**Методи досліджень:** як теоретична база при постановці та конкретному вирішенні поставлених завдань використовуються основні положення механіки

суцільних середовищ, ефективні методи чисельного моделювання технологічного обладнання та процесів, які відбуваються при їх роботі, експериментальні дослідження на промисловому обладнанні та лабораторних стендах із застосуванням необхідних вимірювальних приладів, експериментальні дослідження фізико-механічних властивостей сировини, що переробляється у вовчках, кутерах у емульситаторах, математичні методи планування експерименту та обробки його результату.

**Наукова новизна одержаних результатів:** запропонована, обґрунтована та реалізована концепція вдосконалення кутерів, вовчків і емульситаторів, яка ґрунтується на взаємоузгодженні гідродинаміки сировини, процесу її подрібнення та впливу на напружено-деформований стан, характеристики зношування та втомну витривалість робочих органів машин.

*При цьому вперше:*

- запропоновано та обґрунтовано поняття науково-винахідницького біному, як методологічного базису розвитку машин для подрібнення м'ясної сировини;
- встановлено особливості взаємодії ножів кутерів з сировиною, які полягають у такому:
  - при подрібненні замороженої сировини в кутері з 6–ма ножами на початкових та серединних стадіях подрібнення в процесі приймають участь всі 6 ножів головки, на стадії тонкого подрібнення сировини лише 2;
  - після взаємодії з ножами кутера сировина набуває високої кінетичної енергії, яка за рахунок дисипації при терті по чаші та кришці ножової головки кутера є джерелом додаткового шкідливого нагріву фаршу;
  - на стадії тонкого подрібненні м'ясної сировини ніж кутера не контактує з нею однією зі своїх бокових поверхонь, що суттєвим чином розширює коло пошуку ефективних шляхів підвищення міцності ножів кутера;
- встановлено закономірності руху сировини в робочих зонах вовчків і емульситаторів залежно від конструктивних і кінематичних параметрів



робочих органів і робочих зон даних машин та структурно-механічних властивостей м'ясної сировини;

- доведено, що однозахідний шнек вовчка подає сировину в кожен момент часу в межах локального сектору, величина якого визначається, насамперед, наближенням витка шнеку до решіток різального механізму;
- отримано закономірності залежності границі втомної витривалості ножів кутера при знакозмінних навантаженнях від виду зміцнювальної обробки та від особливостей геометричної форми ножів;
- встановлено, що ножі сучасних моделей кутерів працюють в діапазоні частот коливань, наближених до резонансу що суттєво погіршує їх напружено-деформований стан;
- доведено, що осьовий рух сировини крізь різальний вузол є суттєвим чинником зношування різальних крайків ножів та решіток вовчка.

*Дістали подальший розвиток:*

- уявлення про процес винесення сировини із зони подрібнення за рахунок адгезійної взаємодії ножів кутера із сировиною;
- уявлення про інтенсивність зношування ножів кутера, які працюють в різних площинах різання;
- положення про вплив основних конструктивних і кінематичних параметрів вовчка та структурно-механічних властивостей сировини на продуктивність процесу подрібнення;
- уявлення про вплив швидкості подачі сировини та конструктивних і кінематичних параметрів робочих органів емульситатора на ефективність переробки сировини в ньому.

**Практичне значення отриманих результатів.** На основі запропонованої концепції вдосконалення машин для подрібнення м'ясної сировини обґрунтовано та розроблено низку їх нових конструкцій і конструкцій їх різального інструменту. Запропоновано й обґрунтовано технологічні методи підвищення довговічності робочих органів машин. На запропоновані нові конструктивні рішення одержано вісім патентів України на винахід і сім патентів України на

корисну модель. Розроблені технічні рішення з вдосконалення кутерів забезпечують підвищення продуктивності в 2,8 разу, зменшення капітальних вкладень на 62% та зменшення експлуатаційних витрат на 75%. Продуктивність вовчків підвищується в 1,8–2,2 разу, емульсаторів – в 1,4 разу. Водночас довговічність різального інструменту вовчків підвищується в 1,9–3,2 разу. Нагрів сировини в емульсаторі може бути знижений на 4 °С, а зносостійкість різального інструменту підвищена в 3,4 разу. Розроблено нові методики розрахунку основних конструктивних та кінематичних параметрів кутерів, вовчків і емульсаторів, які дають змогу коректніше врахувати їх вплив на процес подрібнення м'ясної сировини. Економічний ефект складає: для кутерів – 1 304 300 грн, для вовчків – до 344 000 грн, для емульсаторів – 220 000 грн.

*Реалізація роботи.* Окремі результати досліджень та методику проектувального розрахунку вовчків впроваджено у навчальний процес Черкаського державного технологічного університету. Отримані наукові результати та розроблені конструкції впроваджені у виробництво на м'ясокомбінаті ТОВ «Черкаська продовольча компанія» (м. Черкаси, акти від 17.01.2018 р., 11.04.2018 р., 25.04.2018 р.).

**Особистий внесок здобувача** включає самостійну розробку методології дослідження ефективності обробки сировини в кутерах, вовчках і емульсаторах, а також працездатності цих машин. Здобувачем у виробничих умовах та із застосуванням лабораторних установок експериментально досліджено процеси, що супроводжують роботу машин для подрібнення м'ясної сировини. Проаналізовано результати проведених досліджень, обґрунтовано висновки та положення, що виносяться на захист. Авторіві належать результати усіх досліджень, що приведені в дисертаційній роботі.

Автору належать наступні основні положення: математичні моделі руху сировини в робочих зонах машин, математичні моделі напружено-деформованого стану робочих органів машин, результати експериментальних досліджень закономірностей процесів обробки сировини в кутерах, вовчках і емульсаторах, розроблені конструкції машин та їх робочих органів.

Постановку окремих задач із дослідження процесів подачі сировини в робочих зонах вовчків, кутерів і емульсаторів в програмному пакеті FlowVision зроблено за участю к.т.н. І. М. Литовченка (Національний університет харчових технологій). Автор висловлює подяку за сприяння у проведенні виробничих і лабораторних досліджень П. В. Іванову (ТОВ «Черкаська продовольча компанія»), О. А. Козию (ПП «Алнат», м. Черкаси), В. В. Чередніченку (ТОВ «Техпродсервіс»), О. В. Колесниченку, В. В. Книшу, С. О. Соловею (Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України), В. А. Леонцю та П. М. Копчевському (Інститут проблем міцності ім. Г. С. Писаренка НАН України).

**Апробація результатів дисертаційної роботи.** Основні наукові положення дисертаційної роботи були представлені на наступних міжнародних і всеукраїнських конференціях та конгресі: Міжнародні наукові конференції «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті» (м. Київ, 2013, 2016, 2018, 2019 рр.); I науково-технічна конференція «Актуальні проблеми харчової промисловості» (м. Тернопіль, 2013 р.); Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні технології харчових виробництв» (м. Вінниця, 2015 р.); XIV Міжнародна науково-технічна конференція «Вібрації в техніці та технологіях»(м. Дніпро, 2015 р.); I Міжнародна науково-практична конференція «Системи розробки та постановки продукції на виробництво» (м. Суми, 2016 р.); 8<sup>th</sup> 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, 2018 рр.), Міжнародна науково-практична конференція «Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності» (м. Мелітополь, м. Кирилівка, 2017, 2019 рр.).

**Публікації.** Основні матеріали дисертаційної роботи опубліковано у 57 наукових працях, у тому числі: 21 стаття у наукових виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України (з них 13 – у виданнях, які включено до міжнародних наукометричних баз даних); 8 патентів України на винахід; 7

патентів України на корисну модель; 1 підручник; 1 навчальний посібник; 19 тез доповідей та матеріалів конференцій.

**Структура й обсяг роботи.** Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел із 374 найменувань, у тому числі 72 зарубіжних, і шести додатків. Дисертація викладена на 574 сторінках машинописного тексту (основна частина – 289 сторінок), містить 60 таблиць та 227 рисунків.

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ВДОСКОНАЛЕННЯ МАШИН ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ М'ЯСНОЇ СИРОВИНИ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 1.1 Обґрунтування вибору основних видів машин для подрібнення м'ясної сировини

Як відомо, технологія виготовлення ковбасних виробів та фаршевих напівфабрикатів передбачає наступні технологічні операції [75, 126, 372]: розділення напівтуш на шматки меншого розміру (напівтуші при цьому можуть бути в парному, охолодженому або замороженому стані), обвалювання м'яса, подрібнення м'яса до стану фаршу, приготування фаршу, подрібнення фаршу до стану емульсії (для безструктурних ковбасних виробів), набивка фаршем оболонки та ін.

При цьому напівтуші можуть бути у парному, охолодженому та замороженому станах. Крім того, м'ясо може надходити до підприємства у вигляді заморожених м'ясних блоків, що передбачає або його розморожування і наступне подрібнення в охолодженому стані, або подрібнення блоків в замороженому стані [182]. На теперішній час саме попереднє подрібнення м'ясної сировини в замороженому стані переважає на багатьох підприємствах, що обумовлено як технологічною необхідністю, так і низкою переваг такого способу переробки м'яса.

Машинно-апаратне забезпечення операцій подрібнення м'ясної сировини наступне [124, 221, 333, 358]. Розпилювання туш на частини здійснюється за допомогою стрічкових та дискових пил (ручних та стаціонарних). Подрібнення заморожених м'ясних блоків здійснюється стрічковими стаціонарними пилами, блокорізками (гільйотинними або роторними) або вовчками-дробарками. Подрібнення шматкового м'яса до стану шроту або фаршу здійснюється за допомогою вовчків. Подрібнення ж фаршу до стану емульсії здійснюється за

допомогою кутерів та/або емульсаторів. При цьому сучасні вовчки можуть подрібнювати заморожене, темпероване та парне м'ясо, а сучасні кутери здатні подрібнювати заморожене м'ясо до стану шроту, фаршу або емульсії, здійснювати вакуумування, змішування сировини, а також її теплову обробку [301, 305]. Емульсатори здатні подрібнювати м'ясну сировину як після кутера так і після вовчка та мішалки [124, 304, 308].

Досліджувалась ефективність різання м'ясної та м'ясо-кісткової сировини лазерним різанням та високошвидкісним струменем води, в тому числі з полімерами [237, 286, 300]. Відомі результати досліджень процесу подрібнення замороженого м'яса до стану фаршу за допомогою черв'ячних фрез [187, 210, 211]. Однак на даний час такі способи подрібнення м'яса не знайшли широкого практичного застосування.

Слід відзначити, що пили – це обладнання, яке призначене, переважно, для подрібнення м'ясо-кісткової сировини, а не м'ясної. Принцип дії та режими роботи пил і блокорізок не передбачають високих швидкостей різання та значних тисків на м'ясну сировину. Дані види м'ясопереробного обладнання призначені лише для підготовки сировини для її подальшого подрібнення на вовчках, кутерах і емульсаторах. При цьому на одних м'ясопереробних підприємствах можуть використовуватись стрічкові пили для подрібнення заморожених м'ясних блоків на шматки, на інших підприємствах – блокорізки або ж вовчки-дробарки. Тоді як подальше подрібнення м'яса до стану фаршу відбувається за допомогою вовчків та/або кутерів і емульсаторів.

Зважаючи на означене, можна зробити висновок, що основними видами машин для подрібнення м'ясної сировини є вовчки, кутери та емульсатори. Подальше вдосконалення саме цих видів обладнання для подрібнення м'ясної сировини здатне надати найбільший економічний ефект для м'ясопереробної галузі.

## **1.2 Конструктивні особливості сучасних кутерів та основні результати досліджень робочих процесів в них**

Кутери використовуються в переважній більшості технологічних ліній виготовлення ковбасних виробів, м'ясних консервів та фаршевих напівфабрикатів. Конструкція сучасних моделей кутерів дозволяє реалізовувати низку видів та режимів обробки харчової сировини. Це подрібнення безкісткового шматкового м'яса (парного чи замороженого) до стану шроту або фаршу, подрібнення фаршу до стану емульсії, змішування рецептурних інгредієнтів з одночасним подрібненням та без нього, вакуумування сировини та її теплової обробка, що здійснюється одночасно з процесом подрібнення, насичення сировини інертним газом, заморожування її рідким азотом [82, 115, 124, 182, 221, 308, 367]. Саме тому вдосконаленню конструкцій кутерів приділяється значна увага, як західноєвропейськими так і вітчизняними виробниками та науковцями.

Серед зарубіжних зразків авторитетом серед м'ясопереробників користуються кутери виробництва таких машинобудівних фірм, як Seydelmann (Німеччина), GEACFS (Нідерланди), LASKA (Австрія), Tiper Tie Alpina (Швейцарія), Kilia (Німеччина) та ін. [124, 221, 306, 307, 311, 313]. Вакуумні та високопродуктивні машини цих виробників в багатьох випадках є занадто дорогими для вітчизняних підприємств, саме тому продовжують користуватись попитом і вітчизняні моделі кутерів (Л5-ФКБ та Л5-ФКМ), які виготовляють ВАТ «Техпродсервіс» та ПП «Алнат» [124].

Встановлення нових та уточнення раніше відомих залежностей між конструктивними і технологічними параметрами кутерів дозволить підвищити технічний рівень вітчизняних машин, і відповідно, їх конкурентоспроможність на вітчизняному та світовому ринках. Такі залежності можуть стати у нагоді в практичній діяльності і механіків та технологів м'ясопереробних підприємств, оскільки дозволять підвищити виробіток продукції, покращити її якість та підвищити працездатність вузлів обладнання.

Принципова схема кутера [110, 181] наведена на рис. 1.1. Сировина завантажується в чашу 1, яка обертається в горизонтальній площині з частотою  $n_{\text{ч}}=9-18 \text{ хв}^{-1}$ . Чаша подає сировину крізь ножову головку 2, яка складається з кількох, найчастіше 6, ножів. Ножова головка обертається на ножовому валу 3 з частотою  $n_{\text{ч}}=300-6000 \text{ хв}^{-1}$  [123, 181]. До кутера, як до машини для подрібнення м'ясної сировини, висуваються такі основні вимоги [123, 181, 295]: висока продуктивність; якісне подрібнення м'ясної сировини; мінімальний нагрів сировини при кутеруванні; можливість подрібнення кускової та замороженої сировини; можливість зміни технологічних режимів в широких межах; висока надійність та довговічність; низька енергоємність роботи; простота та низька вартість в експлуатації.

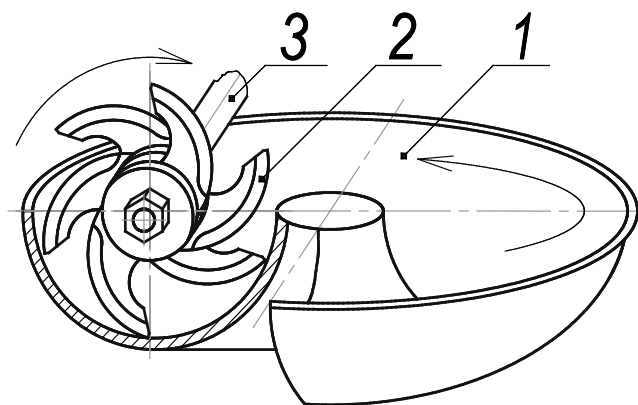


Рис. 1.1. Принципова схема кутера: 1 - чаша; 2 - ножова головка;  
3 - ножовий вал

Процес подрібнення сировини в кутері здійснюється ножами ножової головки. Існує велике різноманіття конструкцій ножів, які відрізняються геометрією різальної кромки та іншими конструктивними особливостями. Лезо ножа може бути у вигляді прямої, ділянки кола, евольвенти, логарифмічної або архімедової спіралі, інверсії розгортки кола, ламаної, яка вписана у криву і таке інше [163-165, 171]. При цьому найбільшого поширення на практиці набули [172, 181, 303] такі типи ножів (рис. 1.2).



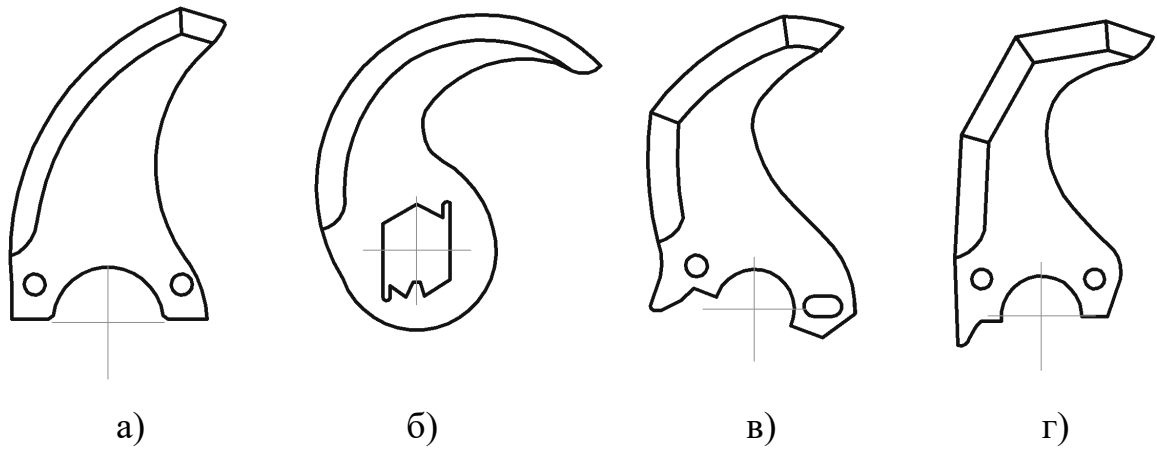


Рис. 1.2. Основні типи ножів, які найчастіше використовуються на практиці: а) - з лезом малої кривизни (для найбільш тонкого подрібнення фаршу); б) – з лезом великої кривизни (для фаршів сирокочених ковбас); в) – універсальний (компромісне поєднання здатності подрібнювати фарші різних видів ковбас); г) – універсальний, з лезом у вигляді ламаної лінії (чим досягається спрощення процесу заточування леза)

На основі [10, 34-36, 123, 172, 181, 333] можна сформулювати такі вимоги до конструкції ножів: висока подрібнювальна здатність; малий нагрів сировини при кутеруванні; висока механічна та втомна міцність; висока вібраційна стійкість; висока корозійна стійкість; висока зносостійкість лез; висока емульгуюча здатність ножів для виготовлення безструктурних фаршів; можливість ефективно здійснювати перемішування сировини; висока технологічність заточування леза.

Дослідженню робочих процесів в кутерах присвячено велику кількість наукових праць. В контексті даної роботи доцільно відмітити наступні.

Авторами [154] представлено базові залежності між конструктивно-кінематичними параметрами апаратів для різання харчової сировини та кількісними і якісними параметрами процесу різання. У [315] наведено результати фундаментальних досліджень робочих характеристик ножів для розрізання сировини рослинного походження. Зокрема, зазначено про важливість забезпечення мінімального кінематичного кута різання для зменшення енергоємності процесу та підвищення якості розрізання тканини сировини. Така

мінімізація кута різання досягається, переважно, збільшенням кривизни різальної кромки ножів. В [316] наведено відповідні залежності для визначення означеного кута різання для ножів різних типів. Автором [191] проведено фундаментальні дослідження з розкриття природи процесу подрібнення м'яса в кутерах. Автор застосував в своїх дослідженнях фізичне моделювання процесів, високошвидкісну кінозйомку процесу взаємодії леза із сировиною, математичне моделювання. На основі отриманих результатів автором було запропоновано шляхи підвищення продуктивності та зниження енергоємності кутерів та емульсаторів.

Залежності для аналітичного визначення продуктивності кутера наведено в роботах [110, 141, 199, 253, 333, 358]. Однак представлені авторами математичні вирази та підходи для їх виведення не можуть пояснити достатньо низьку питому продуктивність сучасних кутерів. Так при максимальній частоті обертання чаші  $18 \text{ хв}^{-1}$  і середній тривалості циклу кутерування 7 хв. сировина подається крізь ножову головку 126 разів, що є великим значенням, зважаючи на кількість ножів в головці (6 шт.) та частоту її обертання ( $3000\text{-}6000 \text{ хв}^{-1}$ ).

Математичні моделі по визначенню енергоємності кутерування наведені в [110, 191, 210, 255, 357, 358]. При цьому автором [191] взято до уваги такі складові загальної роботи кутерування: робота розрізання волокон сировини, робота зміщення шарів сировини лезом, робота подолання тертя сировини по лезу, робота на подолання тертя сировини по боковим поверхням ножа. Однак відомі математичні моделі не пояснюють високу енергоємність процесу кутерування (встановлена потужність серійних моделей сучасних кутерів сягає [298, 299, 304, 306] понад 100 кВт, кутер з об'ємом чаші 1200 л має двигун потужністю 320 кВт) і не виділяють головні статті витрати енергії при ньому.

Вплив конструкції ножів на перебіг процесу кутерування досліджувався багатьма авторами. В роботах [10, 12-15] наведено порівняння ефективності роботи ножів, які використовуються в кутерах Л5-ФКБ та Л5-ФКМ, з ефективністю роботи ножів сучасних західноєвропейських виробників. Автори [59, 86, 87, 139, 141, 145, 168, 191, 293] порівнювали енергоємність процесу кутерування при використанні ножів різних геометричних форм, в тому числі

таких, як істотно відрізняються від загальноприйнятих. В роботах [86-88, 170, 191, 297, 337, 344, 357] представлено динаміку зміни липкості фаршу. Дослідниками [88, 150] вказується на переваги ножів з прямим лезом для процесу кутерування фаршів безструктурних ковбасних виробів (для тонкого подрібнення фаршів). В роботах [151, 199, 327, 337, 339] наводяться залежності структурно-механічних властивостей фаршу від кінематичних режимів, та тривалості кутерування.

Заслужують на увагу результати, отримані дослідниками [26, 34-36, 65, 72]. Згідно них, для отримання тонкоподрібнених фаршів слід застосовувати ножі з лезом найменшої кривизни, яке, при цьому, має максимальний, з регламентованих, кут заточування. Для отримання фаршів сирокочених ковбас, навпаки, слід використовувати ножі з лезом підвищеної кривизни та мінімальним кутом заточування. Автори в своїх роботах наводять відповідні залежності величини витраченої на кутерування енергії та величину нагріву фаршу при цьому. Також зазначається про доцільність використання перфорованих ножів або ножів із пазами на тій боковій стороні, яка треться по сировині, що подається чашею кутера. При цьому використання пазів дозволяє підвищити інтенсивність кутерування в порівнянні з використанням отворів на означених поверхнях [57, 65]. Досліджено [335] і ефективність застосування так званих "бар'єрних" ножів в ножовій головці, автори рекомендують використовувати ножі відповідної будови.

Значний інтерес мають результати дослідження ефективності роботи окремих ножів в ножовій головці [134, 353]. Автори застосували в своїй роботі високошвидкісну зйомку процесу роботи ножової головки. Незважаючи на вагомість отриманих результатів, їм властиві такі недоліки, як мала інформативність в означених публікаціях та неможливість пояснити результати експериментальних досліджень ефективності роботи ножів [34-36]. Згідно цих результатів ножі, які встановлені в першій площині різання обумовлюють близько 50% продуктивності кутера, а ножі, що встановлені в інших двох площинах різання, обумовлюють теж близько 50% продуктивності кутера.

В роботах [109, 251, 254] наведено алгоритм розрахунку величини зазору між лезами ножів та поверхнею чаші кутера, а також відповідні математичні вирази. На основі отриманих при розрахунках значень, автором запропоновано використовувати в кутері новий пристрій - насадку для забезпечення мінімальних зазорів для усіх ножів на всьому шляху їх руху в чаші кутера. Таке рішення дозволяє поліпшити умови тонкого подрібнення сировини і, відповідно, підвищити продуктивність кутера. Недоліком такого рішення є незначне підвищення продуктивності машини, оскільки використання даного пристрою не вирішує проблеми належного завантаження сировиною усіх ножів ножової головки.

В роботах [45, 47, 191, 199, 337, 345] досліджено вплив режимів кутерування на зміну структурно-механічних властивостей сировини. Показано, що процесу кутерування відповідає наявність оптимального значення липкості фаршу, при якому якість готового продукту найкраща. При недостатньому або завищеному значенні тривалості кутерування липкість фаршу знижується. Автори [1-3, 1, 19, 20, 46, 58, 64, 85, 159, 160, 170] представили експериментальні дані з вимірювання структурно-механічних та органолептичних властивостей кутерованих фаршів, а також готової продукції, з них виготовленої. Однак, наведені числові значення відповідають тим видам ковбасних виробів, які в Україні не набули широкого попиту. Тому актуальним залишається проведення аналогічних досліджень для варених ковбас типу "Лікарська", "Любительська", "Сервелат" тощо.

Дослідженню підвищення температури при кутеруванні присвячено значну кількість праць. Дослідники [68] застосували в своїй роботі тепловізійні пристрої, на відміну від електричних контактних термометрів. Це дозволило їм встановити розподіл температур як сировини, так і конструктивних елементів кутера (ножів, кришки чаші). Метою досліджень було виявлення основного чинника, який призводить до нагріву фаршу ножами. Однак автори зазначають, що ними не було встановлено чіткої залежності впливу тертя ножів по сировині на ту ступінь її нагріву, яка спостерігається при кутеруванні. На нашу думку, ймовірною

причиною такого результату є те, що дослідники не враховували в своїй роботі такий фактор нагріву фаршу, як інтенсивне його тертя та удар по стінкам чаші і кришки ножової головки після відкидання лезами ножів під час подрібнення. Належне дослідження означених проблемних задач залишається вельми актуальним.

Як буде показано в п. 1.5, вкрай важливим є забезпечення високої працездатності кутерів. Одним з основних чинників, який призводить до її зниження є руйнування ножів під час кутерування. Для знаходження ефективних шляхів підвищення міцності ножів важливим є визначення величини зусиль, які діють на ножі кутера під час їх роботи. Експериментальне визначення цих параметрів є достатньо складною технічною задачею, тому в більшості відомих робіт представлені результати чисельного моделювання процесу взаємодії леза ножа з сировиною [222, 263, 275]. В роботі [285] досліджено напружений стан ножів кутера при дії на них статичного навантаження на лабораторному стенді. Результати ж експериментальних досліджень величини зусиль, які діють на ніж при його роботі, що отримані на працюючому кутері, наведено лише в роботах автора [67, 69]. Однак в представлених публікаціях наведені результати вкрай малоінформативні, що не дозволяє їх ефективно використовувати при вирішенні задачі підвищення працездатності кутерів.

Отже, процеси, що супроводжують роботу кутерів досліджувались багатьма вченими, в результаті чого отримано численні залежності ключових параметрів. Однак, не зважаючи на це, актуальним залишається уточнення відомих результатів та встановлення нових залежностей, які б дозволили продовжити подальший ефективний розвиток такого виду м'ясопереробного обладнання, як кутери.

### **1.3 Сучасні технічні рішення у вовчках та завдання, що потребують подальшого вирішення**

Призначенням м'ясорізальних вовчків є подрібнення м'яса до стану фаршу. При цьому може подрібнюватись заморожене, охолоджене, парне м'ясо або їх комбінації [74, 75, 181, 217, 274, 373].

Ефективність роботи вовчків повинна буди високою, оскільки псування білків м'яса (перетирання) суттєво погіршує якість готових ковбасних виробів і цей недолік не може бути виправлений на інших технологічних операціях. Зважаючи на означене слід ретельно підходити до підбору конструкторських рішень під час проектування м'ясорізальних вовчків.

Основна функція м'ясорізальних вовчків реалізується при використанні її у складі технологічної лінії виготовлення ковбас, яка являє собою систему різних машин, апаратів та оснащення [94, 99, 110, 274]. Згідно [74, 290] саме технічна продуктивність є головним техніко-економічним показником технологічного обладнання. За цим показником відбувається оцінка можливості застосування певної моделі обладнання в технологічній лінії, яка проектується.

Забезпечення високої продуктивності вовчків може бути реалізоване різними конструктивними способами - за допомогою використання решіток і ножів більшого діаметру, за допомогою підвищення швидкості обертання робочого шнека, шляхом зменшення площі лез ножів тощо [130, 243, 269, 274].

Найчастіше продуктивність підвищують шляхом збільшення діаметру різального вузла і шнека [123, 132, 217, 274]. Такий шлях обумовлює використання більшої кількості отворів для подачі сировини і він може використовуватись для вовчків різного типорозміру - від найменших до найбільших. В той же час таке конструктивне рішення значно збільшує металоємність, ножів, решіток, шнеку, а також всієї машини. Це значно здорожує і саму машину і витрати на її експлуатацію.

Економічно вигіднішим є збільшення продуктивності машини, яка віднесена до діаметру різального вузла, тобто - питомої продуктивності. В такому

разі стає можливим підвищувати технологічні та експлуатаційні властивості вовчка без надлишкових витрат [193, 274].

Використання шнеку з двома заходами сприяє підвищенню питомої продуктивності [274]. Однак, в той же час такі шнеки володіють іншими, більшими, кутами підйому спіралі витків через зростання кроку витків. Це вносить обмеження на технологічні можливості таких шнеків.

На питому продуктивність вовчків суттєво впливає конструкція ножів [94, 95, 99, 184, 274, 295, 130, 281, 317]. Зменшена площа ножа сприяє досягненню більшої питомої продуктивності. Підвищення продуктивності відбувається за рахунок збільшення кількості вільних отворів перфорованої решітки, тобто за рахунок вивільнення простору на решітці, придатного для проходження сировини крізь решітку. Зменшення площі ножа досягається двома шляхами: виконання лез з меншою шириною; використання в ножі меншої кількості лез [274].

Кільцева форма решіток різального вузла сприяє збільшенню кількості отворів, вільних для проходження сировини [102, 274]. В різальному вузлі з решітками кільцевої форми висота лез є зменшеною, що обумовлює менше зусилля, яке діє на кожне лезо та меншу ширину і площу леза. В решті стає можливим суттєво зменшити площу ножа та до 15% збільшити площу решітки для подачі сировини крізь неї.

На продуктивність машини впливає також і конструкція різального комплексу. Застосування не двох, а трьох перфорованих решіток надає можливість покращити продуктивність вовчка на величину до 55% в порівнянні із застосуванням двох решіток та на 70% в порівнянні із застосуванням однієї решітки [274, 295].

Підвищення ефективності процесу різання сировини сприяє підвищенню продуктивності машини. В конструкції вовчка, в якій реалізовано роздільний привод подавального та різального механізмів, стає можливим забезпечити більшу частоту обертання ножів по відношенню до робочого шнека [274, 344]. В такій конструкції вовчка ступінь подрібнення м'яса вищий через що збільшується текучість фаршу та стає меншим гідравлічний опір різального вузла. Внаслідок

цього на 25-60% збільшується питома продуктивність машини. Однак зростання частоти обертання ножів призведе до зворотного ефекту - продуктивність падає через відкидання лезами ножа фаршу від решіток.

Підсумовуючи вищенаведене, можна відзначити, що при проектуванні вовчків найважливішим завданням є забезпечення в конструкції машини підвищеної продуктивності та належної якості подрібнення фаршу. Підвищення теоретичної продуктивності може надати найбільш відчутного загального економічного ефекту. Ефективним шляхом є підвищення питомої продуктивності, оскільки стає можливим заощадити на купівлі обладнання та на його експлуатації.

Якщо збільшувати питому продуктивність м'ясорізальних вовчків за відомим шляхами, то неможливо уникнути їх певних недоліків, основним недоліком при цьому є недостатня величина підвищення продуктивності (менше 60%). З метою надання відповіді на поставлене проблемне питання автором опрацьовано новий спосіб збільшення питомої продуктивності м'ясорізальних вовчків.

Проаналізувавши результати попередніх власних досліджень з вдосконалення вовчків автор виснув гіпотезу, яка полягає в тому, що участь різних лез ножа в подрібненні неоднакова. Відповідно до гіпотези, кожної миті ефективний рух фаршу крізь ті отвори решітки, які знаходяться в межах певної зони. Кут, який окреслює дану зону, залежить від ступеня наближення останнього витка шнеку. Найбільш інтенсивна подача сировини крізь отвори решітки відбувається в зоні максимально близького розташування поверхні витка шнеку до перфорованої решітки. Загалом, кожної миті сировина шнеком подається не одразу по всій робочій поверхні перфорованої решітки, а в локальній зоні, положення якої в коловому напрямку відповідає положенню останнього витка шнеку вовчка.

Використання запропонованої гіпотези створює умови для розробки високоефективних способів подачі м'ясної сировини в різальний вузол, які б уможливили одночасну інтенсивну подачу сировини по всій робочій поверхні кожної решітки. Використання означених способів подачі сировини дозволяє



суттєво збільшити продуктивність вовчків, не змінюючи габарити і металоємність різального інструменту та вузла подачі сировини, чим може бути досягнуто значне підвищення економічної ефективності використання вовчків.

При детальному розкритті фізичних особливостей подачі сировини у вовчку згідно наведеної гіпотези стане можливим конструктивне вдосконалення шнеку та ножів, причому, що ймовірно, взаємоузгоджене вдосконалення. Одним із практичних наслідків таких досліджень може бути винайдення нових конструктивних форм ножів, які матимуть знижену металоємність та собівартість.

Із наведеного можна сформулювати наступний висновок. Обґрунтування гіпотези про те, що сировина у вовчку кожного моменту часу подається крізь різні отвори решітки з неоднаковою ефективністю є актуальним. Воно може дати можливість значно збільшити питому продуктивність м'ясорізальних вовчків та забезпечити умови зниження металоємності ножів різального вузла.

В якості вузла для подачі м'ясної сировини до різального механізму вовчків (ВПС) в більшості випадків застосовується насос з одним шнеком, він містить шнек і циліндр, в якому шнек обертається [217, 274, 295, 301]. Подача сировини реалізується двома цими елементами: шнеком і циліндром. З метою забезпечення надійної осьової подачі сировини циліндром оснащено ребрами тієї чи іншої конфігурації. Те, наскільки ефективною буде подача сировини в різальний вузол, залежить від конструктивного виконання шнеку. За конфігурацією зовнішнього контуру шнеки бувають циліндричні та конічні. Перемінним може бути і зовнішній діаметр шнеку і діаметр його валу.

Крок витків шнеку залежить від виду сировини, яка має ним подаватись, від розміру її частинок і від технологічного призначення м'ясорізального вовчка [182, 274, 295]. Крок може бути постійним, з невеликою зміною вздовж вісі шнеку, із значною зміною вздовж вісі шнеку. Можуть використовуватись і шнеки з двома заходами спіралі.

На продуктивність вовчка значний вплив здійснює і величина зазору між шнеком та циліндром. При значному зношуванні шнеку та циліндру даний зазор значно збільшується і крізь нього від різального вузла до бункера починає

рухатись мілкоподрібнений фарш. Це ж саме явище і збільшує енерговитрати на обертання шнеку.

Продуктивність м'ясорізального вовчка стає меншою на величину, яка відповідає кубу розміру зазору, а також значенню тиску в різальному вузлі машини. Величина зазору має бути не більшою за 0,9 мм для машин із решітками діаметром 160 мм та 200 мм. Якщо величина зазору сягає 6 мм, то продуктивність машини знижується з 4,5 т/год до 1,5 т/год, енергоємність роботи вовчка збільшується з 3 кВт·год/т до 12 кВт·год/т [80, 118, 198, 274].

Світові лідери виробництва м'ясорізальних вовчків використовують [219, 274, 339] і однозаходні і двоухаходні шнеки. Обґрунтування використання того чи іншого типу шнеку полягає в нижченаведеному. Шнек із кроком витків, який суттєво зменшується вздовж вісі використовується при подрібненні парного або охолодженого м'яса (рис. 1.3, а). В такому випадку велика відстань поміж витками під бункером дозволяє ефективно захоплювати шматки м'яса, чим забезпечувати безперебійну роботу вовчка.

Менші значення кроку витків наприкінці шнеку дозволяють підпресувати м'яку сировину і таким чином збільшити заповнення міжвиткового простору шнеку. Також в такому разі забезпечується підвищений нагнітальний тиск, який є корисним для ефективної роботи вовчка з високою продуктивністю у випадку застосування решітки з мілкими отворами.

До недоліку таких шнеків можна віднести недостатньо високу продуктивність, причиною чого є малий кут зони ефективної подачі сировини крізь решітки.

Шнеки з двома заходами сприяють підвищенню питомої продуктивності м'ясорізальних вовчків (рис. 1.3, в) [32, 33, 41, 274, 350]. Причиною підвищення питомої продуктивності є збільшення в два рази кількості зон ефективної подачі м'ясної сировини в різальний вузол.

Як зазначалось вище, величина кожної такої зони залежить від характеру наближення останнього витка шнеку до решітки різального вузла.

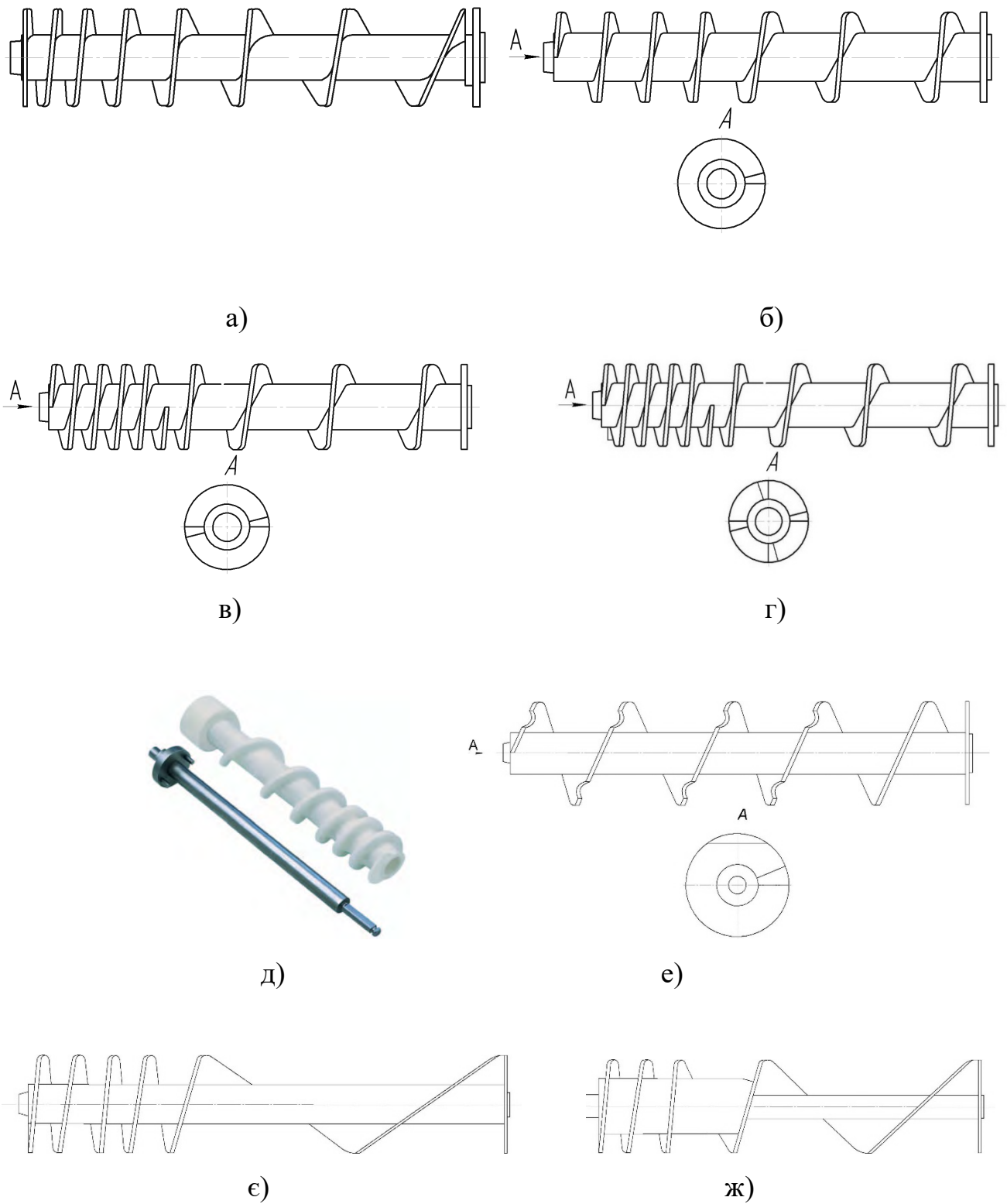


Рис. 1.3. Типи конструкцій шнеків вовчків: а) – з витками, крок яких суттєво змінюється; б) – з витками, крок яких змінюється незначно; в) – з двома заходами; г) – шнек з двома заходами та виступами на поверхні витків; д) – шнек збірної конструкції; е) – шнек подавальний вовчка-дробарки; є) – універсальний шнек вовчка-дробарки; ж) – шнек з пониженою висотою витків

У вовчку, який призначено для подрібнення замороженого м'яса доцільним є використання такого шнеку, крок витків якого зменшується незначно вздовж вісі (рис. 1.3, б) [274, 350]. Такий шнек показує ефективну роботу через те, що морожену сировину непотрібно підпресовувати перед подрібненням. Але такому шнеку властиві ті ж самі недоліки, що й попередньому.

В той же час для двохзаходних шнеків властиві суттєво вищі значення кута підйому витків [274, 350]. Такі кути підйому витків визначають високу продуктивність вовчка при низькому ГО РВ, тобто при застосуванні решіток з крупними отворами. А при застосуванні решіток з мілкими отворами такі шнеки обумовлюють понижену продуктивність через збільшений ГО таких отворів, тобто продуктивність є нижчою в порівнянні з шнеками, який мають один захід спіралі. Можна зробити висновок, що використання шнеків з двома заходами не в змозі ефективно вирішити проблему недостатньо високої питомої продуктивності м'ясорізальних вовчків.

Німецький дослідник Е. Нааск запропонував змінити конструкцію шнеків з двома заходами [24, 25, 274, 350]. Згідно його пропозиції на останніх витках використовуються відповідні напливи (рис. 1.3, г).

Такі конструктивні рішення створюють можливість подачі м'ясної сировини кожної миті в значно більших зонах решіток, що сприяє більш високій продуктивності машини [40, 274]. Однак такому рішенню властивий і недолік - неефективна подача сировини крізь решітки з мілкими отворами.

Праця [25] не містить відповідних кількісних даних щодо оцінки ефективності роботи такого шнека.

Високою ефективністю володіє шнек конструкції фірми MaDo [274, 350]. Основою такого шнеку є сталевий вал (рис. 1.3, д), на який встановлюється гвинт з поліаміду. Обертний момент від валу до гвинта передається металевими штифтами. Поліамідний гвинт треться об заморожену м'ясну сировину з низьким коефіцієнтом тертя. Завдяки цьому зменшуються енерговитрати на нагнітання сировини до різального вузла. До того ж, полімерний гвинт виступає в ролі теплоізолятора, що є важливим для попередження нагрівання сировини.

Цікаве конструктивне рішення має шнек для подачі сировини вовчка-дробарки Karl Schnell Automatenwolf V250 [274, 308, 350] (рис. 1.3, е). Він має змінні леза, що встановлені у відповідні пази витків. Призначення такої конструкції полягає у подрібненні замороженого блока м'яса до його подачі в різальний вузол. Цим полегшується процес подрібнення в різальному вузлі і відтак продуктивність вовчка стає більшою. Однак інтенсифікація подрібнення парної м'ясної сировини продовжує залишатись актуальною.

Інше рішення має вовчок-дробарка GEA CFS MaxiGrind [274, 305, 350]. Він має один робочий шнек, який і ламає заморожені блоки м'яса і подає сировину до різального вузла (рис. 1.3, є). В початковій зоні шнека виконано виток з великим кроком, зовнішній діаметр витка зроблено загостреним. Початкова зона шнека призначена для відділення замороженого блоку сировини з бункера та його розламування об статичні елементи бункера. Кінцева зона шнеку виконана з витками однакового кроку. Дана зона призначена для подачі розламаних частин замороженого блоку сировини до різального вузла та продавлювання її крізь перфоровані решітки. Таким конструктивним рішенням суттєво спрощується конструкція всього вовчка, зменшується його собівартість та габарит.

Вовчок-дробарка моделі MaDo GIGANT MEW 734 здатен працювати з різальним комплектом, який містить решітки із мілкими отворами (рис. 1.3, ж) [274, 350]. Висока спроможність шнеку нагнітати сировину реалізується завдяки застосуванню валу підвищеного діаметру наприкінці шнеку, а також витків зі зменшеною висотою. Такий шнек має два заходи. Завдяки тому, що в цьому вовчку-дробарці використовуються перфоровані решітки з мілкими отворами стає можливим позбутись в технологічній лінії ще одного вовчка. Недоліком такого конструктивного рішення шнеку є недостатня питома продуктивність, обумовлена описаним вище ефектом подачі сировини в локальній зоні решітки.

Слід зазначити, що не лише шнекові ВПС використовуються в м'ясорізальних вовчках. Існують різноманітні ВПС, що мають певні переваги [21, 22, 274, 350]. Двогвинтовий насос застосовується у вовчках-мішалках CFS ComboGrind, а також MaDo MMG 239. В них до різального вузла подається

текуча м'ясна маса [274, 302, 350]. Витки гвинтів такого насосу мають значну ширину, обертаються вони назустріч один одному.

Описаний вид ВПС має наступні позитивні властивості: відсутність відтискання м'ясного соку із сировини під час подачі; істотно зменшений зворотний потік фаршу; гарна ефективність подачі сировини з високою в'язкістю; подача з підвищеним тиском навіть крізь решітки з дрібними отворами. Загалом, така будова ВПС сприяє підвищеній продуктивності вовчка, зменшенню його енерговитрат та нагріву сировини [274, 305, 350].



Рис. 1.4. Типи ВПС м'ясорізальних вовчків: а) – двогвинтовий насос; б) – ексцентриково-лопатевий насос

Ексцентриково-лопатевий насос CintiFlow входить до складу РВ вовчка-дробарки CFS UniGrind [274, 304, 350] (рис. 1.4, б). Він розташовується між решітками РВ, обертовий момент на ротор передається від пальцю шнеку вовчка. М'ясо спочатку подрібнюється приймальною решіткою і ножем, а далі насосом CintiFlow подається в решітку кінцевого подрібнення, яка разом із іншим ножем і завершує процес подрібнення сировини. Врешті вовчок-дробарка працює надійно і ефективно навіть при подрібненні розморожених блоків сировини крізь перфоровану решітку з мілкими отворами. До недоліку можна віднести відсутність достовірних даних про ефективність подачі сировини таким насосом по всій площі решітки.

Аналіз конструкцій ВПС м'ясорізальних вовчків дозволяє визначити наступні вимоги до них [274, 350]: підвищена продуктивність; малі енерговитрати на тертя по сировині; здатність подавати сировину з високим тиском; можливість ефективного відбирання сировини з бункера вовчка; здатність виконувати подрібнення сировини; особливо замороженої; підвищена довговічність.

Врешті, як висновок, можна зазначити те, що не дивлячись на значну гамму видів ВПС м'ясорізальних вовчків, на сьогодні бракує кількісних даних щодо порівняння ВПС та питомою продуктивністю через що неможливо обрати найраціональніший з них. Існуючі види ВПС володіють низкою недоліків, основним з яких є недостатньо висока питома продуктивність на всіх режимах роботи при подрібненні замороженого, парного та попередньо подрібненого м'яса.

Конструкція різального інструменту вовчків, ножів і решіток, суттєво впливає на ефективність процесу подрібнення та на витрати енергії при роботі вовчка [167, 218, 274, 350]. Саме тому слід ретельно обирати конструктивні рішення при проектуванні ножів і решіток.

Будова різального вузла передбачає використання перфорованих решіток, які працюють в парі з обертовими ножами [274, 350, 358]. На рисунку 1.5 наведено таку компоновку різального комплекту вовчка, яка найчастіше зустрічається на практиці на вітчизняних м'ясопереробних підприємствах. В ній використовується три решітки та два двосторонні ножі.

Ножі вовчка найчастіше мають від 4 до 8 лез [241, 274, 310, 314, 350] (рис. 1.6). Розташування лез може бути радіальним чи ексцентрично по відношенню до радіусу перфорованої решітки. Більш висока різальна здатність характерна для криволінійних лез, їм притаманна висока якість різання, що пояснюється малим кінематичним кутом різання. Поряд із суцільними ножами використовуються і збірні ножі з лезами, які замінюються (рис. 1.6, б). Вони характеризуються меншими витратами на експлуатацію, оскільки заміні підлягають лише леза за малою металоємністю.

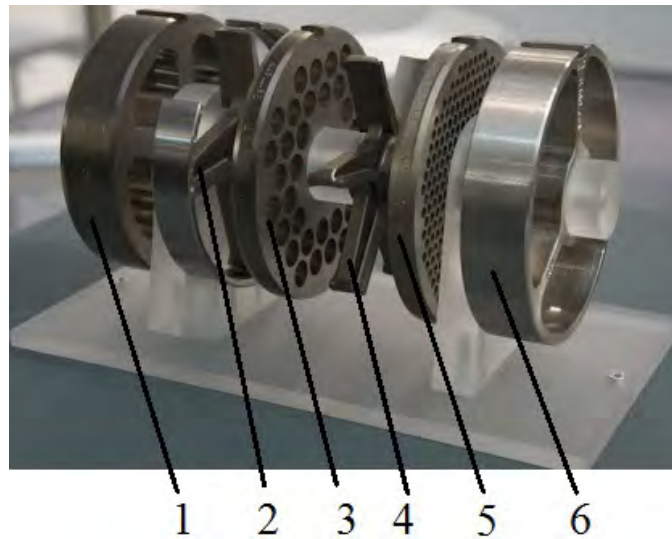


Рис. 1.5. Устрій різального комплекту м'ясорізального вовчка: 1 – приймальна решітка; 2 - чотирилезовий ніж; 3 - проміжна решітка; 4 - шестилезовий ніж; 5 - вихідна решітка; 6 - кільце-підпора

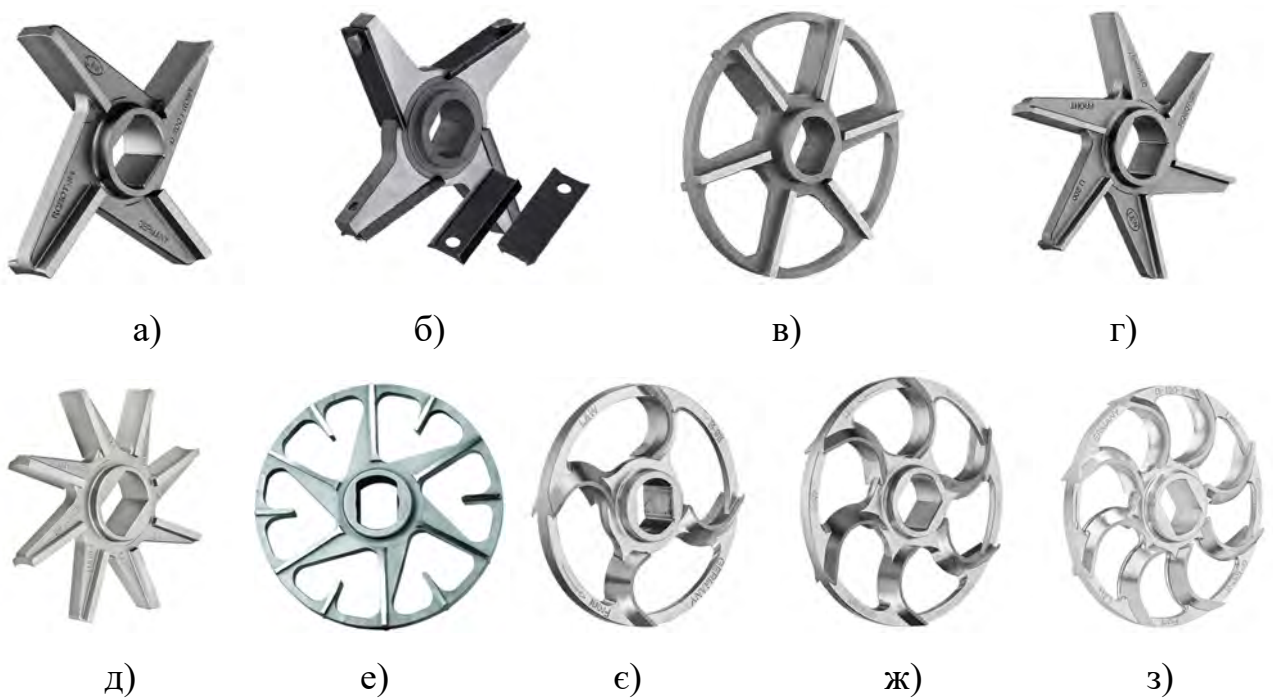


Рис. 1.6. Типи конструкцій ножів вовчків: а) – чотирилезовий; б) – збірний ніж зі змінними лезами; в) – шестилезовий з силовим кільцем за лезами зменшеної ширини; г) – із шістьма лезами; д) - восьмилезовий із лезами зменшеної ширини; е) – із силовим кільцем і додатковими лезами; е) – із чотирма увігнутими лезами та силовим кільцем; ж) – із шістьма увігнутими лезами та силовим кільцем; ж) – із шістьма увігнутими лезами та силовим кільцем; з) – із восьми увігнутими лезами та силовим кільцем



Ножі з підвищеною кількістю лез (рис. 1.6, г, д) володіють вищою подрібнювальною здатністю, але й пониженою пропускною здатністю через більшу фронтальну площу. Це обумовлює меншу продуктивність м'ясорізального вовчка [94, 99, 247, 274]. Для вирішення цієї проблемної задачі використовують ножі із силовим кільцем на кінцях лез (рис. 1.6, в, є, ж, з). Завдяки силовому кільцю лез ножа підлягають меншим деформаціям, а відтак в них виникають і менші напруження. Врешті з'являється можливість виконувати леза меншої ширини, через що такий ніж має гарні і подрібнювальну і пропускну спроможність.

Оскільки за загальноприйнятими уявленнями подача сировини в різальний вузол вовчка відбувається кожної миті по всій площі решітки, то відомі конструкції ножів мають леза, що розташовані рівномірно по колу [42, 274, 310, 350]. Однак при слідуванні висунутій гіпотезі про наявність локальної зони миттєвої подачі сировини шнеком м'ясорізального вовчка необхідно переглянути загальноприйнятий підхід до проектування ножів, а саме до розташування лез з по колу з однаковим кутовим кроком.

Доцільним є узгодження устрою ножа з розташуванням зони інтенсивної подачі сировини ВПС вовчка. В роботі [25] автор вказує, що існує таке кутове положення ножа з чотирма лезами на пальці шнека вовчка, при якому стає можливим збільшити продуктивність машини на величину до 30%. Такі відомості підтверджують те, що слід взаємоузгоджувати конструкцію ножа з параметрами ВПС вовчка.

Вирішення цієї задачі уможлиблює поєднання високих параметрів продуктивності машини та ступеню подрібнення м'ясної сировини. Вплив кількості лез ножів вовчка на ефективність переробки м'ясної сировини наведено в публікаціях [24, 30, 48, 56].

Відомо, що собівартість різального інструменту вовчків доволі висока, що спричинює високі витрати на придбання ножів і решіток, заміна ж їх відбувається, в середньому, через 200 годин роботи. Актуальним є подальше знаходження нових

шляхів заощадження на різальному інструменті, що продовжує бути метою багатьох наукових досліджень [119, 120, 143, 158, 350, 359].

Мінімізації витрат на купівлю ножів і решіток може сприяти, як і обґрунтування вибору матеріалу цих деталей та виду їх зміцнення, зменшення металоемності ножів. Реалізувати це можливо, на нашу думку, шляхом зміни конструкції ножів, а саме обґрунтувати кількість їх лез та їх взаємне розташування на ступиці ножа. Слід зауважити, що вказані конструктивні зміни ножа створюють умови для мінімізації роботи тертя ножів по решіткам та, відповідно їх нагріву та нагріву м'ясної сировини, а також зменшення енерговитрат головним приводом машини [118, 196, 207]. Підсумовуючи наведене, можна дійти висновку, що невирішеним є завдання пошуку конструкції ножа вовчка, яка б забезпечила більш високу продуктивність машини, необхідний ступінь подрібнення м'ясної сировини та зменшену вартість ножів.

Те, наскільки ефективно працює РВ м'ясорізальних вовчків, залежить від таких факторів, як конструкція і частота обертання шнеку, конструкція та частота обертання ножів, конструкція решіток, причому з виокремленням конструктивних особливостей приймальної, проміжної та вихідної решіток [274].

Дослідження впливу технологічних параметрів вовчків на ефективність їх роботи висвітлено в [54, 109, 118, 147, 155, 157, 161, 196, 219, 331, 350]. В роботі [161] описано залежність продуктивності вовчків від геометричних параметрів шнека. Проте не висвітленими залишились питання впливу розміру отворів перфорації вихідної решітки на подавальну спроможність шнеку.

Означене унеможливорює оцінку залежності продуктивності машини від ГО РВ при сталих параметрах шнекового ВПС, що є важливим, оскільки, як зазначалось вище, більший крок витків обумовлює ефективну роботу при малому ГО РВ і навпаки, менший крок витків зумовлює кращу роботу вовчка при високих ГО РВ. Поряд із цим в означеній науковій праці не наведено даних щодо ефективності роботи шнеків з двома заходами. Не висвітленим залишається залежність величини зони інтенсивної подачі сировини від параметрів ВПС вовчка.

Автор [118] провів дослідження залежності енерговитрат при роботі вовчка від конструктивних особливостей та частоти обертання ножів та ВПС. Проте в роботі не приведено дані про вплив конструкції ВПС на продуктивність машини. До того ж, відповідно до методики досліджень автора, в якості ВПС використовувалась пара "поршень-циліндр". Застосування такого типу ВПС обмежує можливість оцінки величини зони ефективного нагнітання м'яса по всій площі решітки, вимірної у фіксоване значення часу. Не можливо також визначити доцільні конструктивні параметри такого ВПС, який би було можливо використати у вовчку.

Авторами [29, 31] досліджено нагрів РВ вовчка під час подрібнення сировини за допомогою термографії. Однак представлені результати не дозволяють прийняти рішення щодо підвищення ефективності роботи вовчка.

Вплив структурно-механічних властивостей на процес подачі м'ясної сировини також є значним. На максимальний тиск подачі м'яса крізь отвори перфорованих решіток значний вплив мають його компресійні властивості [28, 52]. У великій кількості наукових праць висвітлюються питання впливу компресійних властивостей м'яса на ГО перфорованих решіток [79, 109, 117, 147, 252]. Однак наведені дані надають відповіді на усі проблемні питання, зокрема не висвітлюється залежність продуктивності м'ясорізального вовчка від геометричних параметрів ВПС та від частоти його обертання.

Авторами [141] представлено дані по визначенню бокового та осьового тиску в різальному вузлі. В роботі [294] наведено дані впливу діаметру отворів перфорованої решітки на величину тиску, при якому починається рух сировини крізь решітку. Однак вичерпними дані результати вважати не можна. В роботі відсутні дані впливу мілких отворів на значення граничного тиску. Методика виконання досліджень також володіє суттєвим недоліком. Так різниця в конструкції перфорованих решіток полягала лише у змінному діаметрі отворів та їх кількості.

Для перфорованих решіток, які мають отвори різного діаметру, характерною є наступна особливість. При переході на інший типорозмір отворів у

решітки змінюються 2 важливі параметри - діаметр отвору та загальна площа для проходження сировини крізь решітку. Від цих параметрів залежить величина опору впровадження м'яса в отвори та величина опору подачі м'яса крізь отвори. Методика, яка застосована авторами не дозволяє врахувати окремий вплив кожного з названих факторів. Ще одним недоліком є те, що не бралась до уваги товщина шару сировини, яка відповідає проміжкам між решітками різального вузла. Це є важливим з огляду на прояв компресійних властивостей м'яса.

Більш точно враховано залежність граничного тиску продавлювання сировини крізь решітки від їх конструкції в роботі [109]. Але і цим дослідженням властиві недоліки. Зокрема автор використовував малу кількість значень параметрів, вплив проміжків між перфорованими решітками також не були враховані.

Дослідження граничних тисків подачі сировини крізь перфоровані решітки експериментальним шляхом було виконано в роботах [79, 157]. Проте в цих роботах також не враховано реальний устрій РВ, а саме наявність відстаней між решітками, які дорівнюють ширині ножів, через що збільшується гідравлічний опір різального вузла.

В наукових працях [28, 53, 55, 350, 371, 367] наведено дослідження реологічних параметрів м'ясної сировини. В роботах [49-51, 191, 337] наведено результати визначення зусилля різання м'яса. Проте цим роботам властивий такий недолік, яка відсутність даних для свинини та м'яса курки, в той час як дані для яловичини наведені.

Загальним недоліком відомих досліджень фізико-механічних параметрів м'яса є те, що дані представлені для температури сировини порядку 20 °С, в той час як при переробці в технологічних лініях м'ясо підлягає подрібненню за температури не більше 4 °С . Поряд із цим слід брати до уваги, що сучасна технологія годівлі худоби значно відрізняється за рецептурним складом від технологій кінця ХХ - початку ХХІ сторіччя. Це фактор також може істотно вплинути на фізико-механічні властивості м'яса.

Зважаючи на означене, можна дійти висновку, що експериментальні дослідження залежності продуктивності машини від параметрів конструкції РВ і ВПС та від фізико-механічних властивостей м'ясної сировини є актуальним.

Математичне моделювання процесів подачі та подрібнення м'яса у вовчках наведено в численних дослідженнях [109, 118, 147, 161, 196, 207, 219, 295, 339]. Проте розробка вискоефективних конструкцій м'ясорізальних вовчків, яка б здійснювалась з мінімальними витратами часу та коштів, залишається ускладненою через невирішені численні проблемні задачі.

Відомо низку підходів по обрахуванню продуктивності м'ясорізальних вовчків. Відповідно до [358] продуктивність м'ясорізального вовчка обчислюється по значенню продуктивності ВПС. Недоліком такого підходу є те, що за ним не враховується конструкція ножів і решіток РВ, істотний вплив яких на продуктивність підтверджується багатьма експериментальними дослідженнями.

Підхід, відображений у [274, 358], передбачає обчислення продуктивності машини за подрібнювальною здатністю РВ. Методика розрахунку враховує прямо-пропорційну залежність продуктивності м'ясорізального вовчка від кількості лез ножів. Проте така методика не враховує обернено-пропорційної залежності продуктивності від кількості лез ножа, що є вкрай важливим для максимальної кореляції результатів розрахунків з результатами експериментальних досліджень. Результати обчислень значень продуктивності за означеними методиками володіють вкрай низькою достовірністю.

Вищою точністю обчислення продуктивності м'ясорізальних вовчків володіють методики, представлені в [99, 109, 274]. За ними визначення продуктивності проводиться за пропускною спроможністю різального вузла. При цьому в якості додаткової характеристики процесу переробки сировини застосовується теоретичний ступінь подрібнення. Він визначається за відповідною формулою. В той же час розроблений в даних роботах математичний апарат не дозволяє враховувати явище наявності локальної зони миттєвої подачі м'ясної сировини шнеком вовчка, а також враховувати параметри двозаходних шнекових ВПС.

Дослідники В. Н. Потокін та Н. А. Вишелевський обчислюють продуктивність м'ясорізальних вовчків, враховуючи значення тиску, під яким здійснюється подача сировини до різального вузла. Підхід, наведений у [145, 200], відображає вплив реологічних параметрів м'яса, а також характер роботи різального вузла. Проте подібний підхід не дозволяє показати вплив частоти обертання та конструкції шнеку ВПС і це суттєвим чином обмежує можливість застосування розробленої методології в практичних цілях.

Загалом, можна дійти висновку, що величина продуктивності м'ясорізальних вовчків залежить від конструкції різального вузла і ВПС, частот обертання робочих органів, а також від низки додаткових факторів, що не відображені повною мірою у відомих наукових працях.

Актуальним є розроблення такого математичного апарату по опису процесів переробки м'ясної сировини у вовчку, який би коректно враховував весь комплекс чинників - від конструкції різального інструменту до фізико-механічних параметрів м'ясної сировини.

#### **1.4 Будова емульсаторів та огляд відомих досліджень їх роботи**

Відомо, що обладнання безперервної дії володіє низкою переваг перед обладнанням періодичної дії [171]. У м'ясопереробці, при тонкому подрібненні сировини (варених ковбас, сосисок, сардельок, паштетів і ін.) вказана тенденція виражається у все ширшому застосуванні разом із кутером або замість нього машин, відомих, як емульсатори. Емульсатором називається машина безперервної дії для тонкого подрібнення м'яса [122-126].

Емульсатори можуть використовуватись у декількох випадках: для фінішної обробки фаршу (емульсії) після кутера; для тонкого подрібнення фаршу після вовчка без кутера; при виготовленні м'ясних паштетів [122, 123].

Застосування емульсатору після кутеру дозволяє: підвищити якість обробки фаршу (більш ретельно і мілко його подрібнити); підвищити фактичну

продуктивність кутеру шляхом скорочення тривалості кутерування і заміни фінішного доведення на кутері швидкою обробкою на емульсаторі.

Застосування емульсатору після вовчка без кутера дозволяє: значно зменшити капітальні витрати на купівлю обладнання шляхом виключення із технологічної лінії самої дорогокоштованої машини - кутера; значно збільшити продуктивність технологічної лінії виготовлення ковбас вищій продуктивності в порівнянні з кутерами; суттєво зменшити використовувані виробничі площі; значно зменшити енерговитрати на подрібнення м'яса; суттєво зменшити витрати на різальний інструмент.

Застосування емульсатору для виготовлення паштетів дозволяє створити високопродуктивну технологічну лінію з малими капітальними витратами.

Згідно [308] емульсатор потужністю 90 кВт може переробити до 5 т сировини за годину, а традиційний кутер з об'ємом чаші 500 л здатний переробити лише 2 т за годину. Емульсатори найбільш поширених в м'ясній промисловості моделей і типорозмірів, характеризуються споживаною потужністю від 52 кВт до 90 кВт [304, 305, 307-309], тоді як споживана потужність, характерна для кутерів з чашею, що обертається, ємкістю від 300 л до 500 л, знаходиться в діапазоні від 80 кВт до 130 кВт. В середньому питоме енергоспоживання машини цього типу в 2 рази менше, ніж у куттера. Зазвичай займана емульсатором площа не перевищує 2 м<sup>2</sup>, а широко використовувана виробниками устаткування можливість виготовлення емульсаторів в пересувному варіанті дозволяє оперативно переміщати ці подрібнювачі від одного технологічного поста до іншого. Технічне обслуговування цих машин набагато простіше, ніж обслуговування кутерів, а експлуатація не вимагає такої високої кваліфікації персоналу.

Емульсатори мають різне компонування та конструктивне вирішення окремих вузлів [122-126, 304, 305, 307-309]. Як видно з рис. 1.7, розташування вісі обертання різального вузла може бути горизонтальним (рис. 1.7, а, б) і вертикальним (рис. 1.7, в).

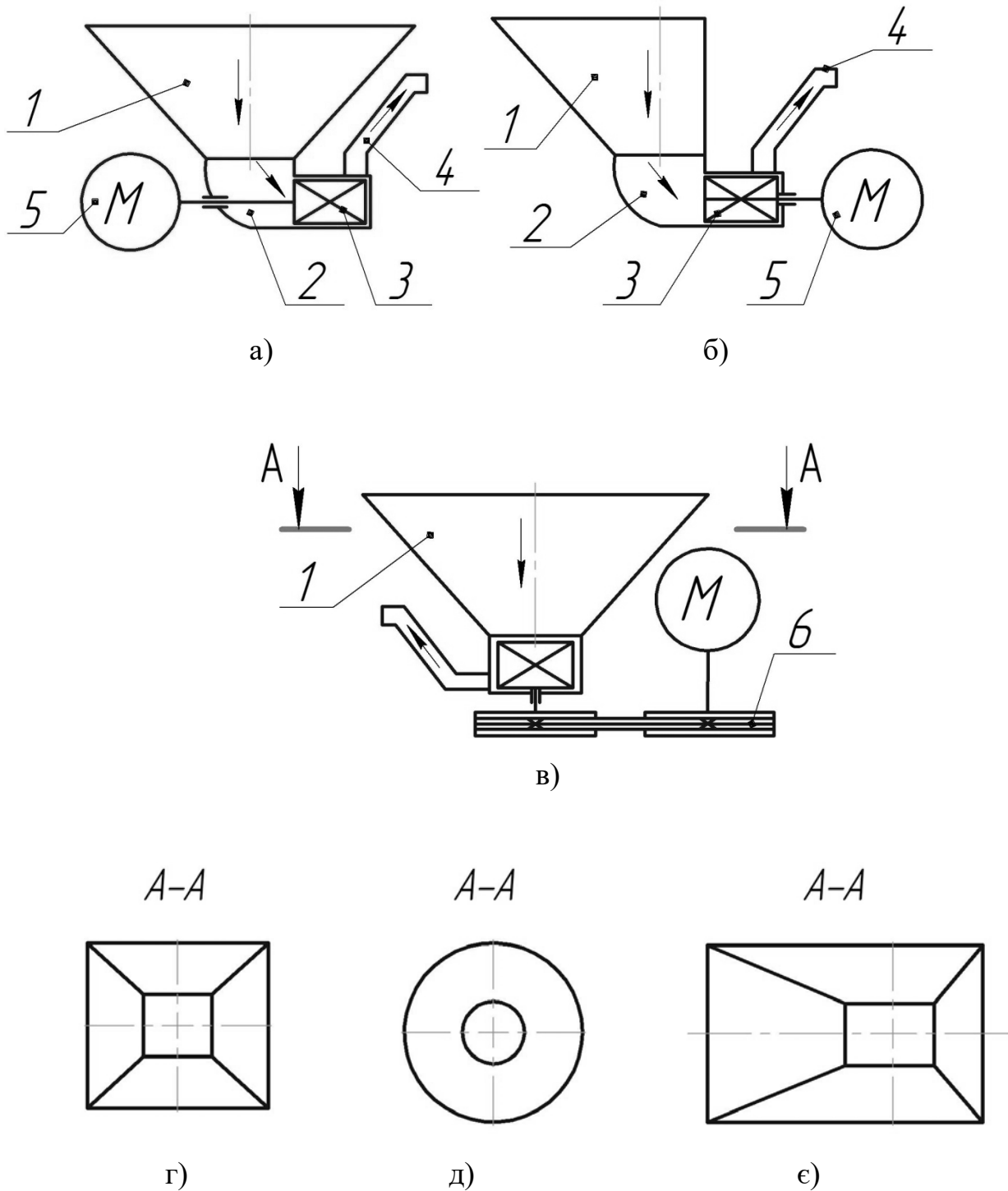


Рис. 1.7. Конструктивні схеми емульсифікаторів: а) - з горизонтальною віссю обертання РВ та заднім розташуванням приводу; б) - з горизонтальною віссю обертання РВ та переднім розташуванням приводу; в) - з вертикальною віссю обертання РВ; г) - з бункером симетричної пірамідальної форми; д) - з бункером симетричної конусної форми; е) - з бункером несиметричної пірамідальної форми; 1 – бункер; 2 – живлячий патрубков; 3 – різальний вузол; 4 - вивантажувальний патрубков; 5 – електродвигун; 6 – пасова передача



Привод може бути прямим від електродвигуна (рис. 1.7, а, б) або містити в собі пасову передачу (рис. 1.7, в). При прямому приводі електродвигун може розташовуватись позаду РВ відповідно до напрямку руху сировини крізь емульситатор (рис. 1.7, а) або спереду РВ (рис. 1.7, б). Бункери емульситаторів можуть мати форму усіченої піраміди, усіченого конусу або комбіновану форму. При цьому вони можуть бути симетричними (рис. 1.7, г, д) та несиметричними (рис. 1.7, є).

Приклади зовнішнього вигляду емульситаторів представлені на рис.1.8 [303, 307]. Типи різальних вузлів емульситаторів наступні: "ніж-решітка", "ротор-статор", "перфоровані пластини", комбіновані. Частота обертання рухомих елементів РВ складає  $50-70 \text{ с}^{-1}$ [122-126, 311].

Різальний вузол типу «ніж - решітка» складається з нерухомих решіток до яких притиснуті обертові ножі (рис. 1.9). Кожен ніж має лопаті, в які вставляються змінні різальні вставки. Скоси на лопатях служать для нагнітання сировини в отвори решітки при обертанні ножів. Таким чином ножі одночасно і подрібнюють сировину і нагнітають її. Решітки виконані перфорованими з отворами діаметром 0,5; 1,0; 1,2; 1,4; 1,7; 2,0; 2,5; 3,0; 5,0 мм. РВ може містити від однієї до чотирьох різальних пар "ніж-решітка", їх кількість залежить від заданого ступеня подрібнення сировини. Перевагою такого типу РВ є можливість забезпечувати ефективне подрібнення м'ясного фаршу не лише після кутера, а й після вовчка чи вовчка-мішалки. При цьому забезпечується якісне подрібнення як м'язової, так і сполучної тканини м'яса.

Однак РВ типу "ніж-решітка" властиві два суттєвих недоліки. Найголовніший з них - це підвищений нагрів сировини в результаті тертя ножів об решітки. Локальний нагрів на площині тертя викликає денатурацію білків, через що в сирому фарші з'являються волокнисті структурні елементи, а структура готового продукту виходить рихлою. Другий важливий недолік - це низька технологічність виготовлення решіток з отворами діаметром 0,5 мм, а також низька надійність їх роботи, довговічність і зависока вартість.



Рис. 1.8. Зовнішній вигляд емульсифікаторів: а) - марки "Karl Schnell FD 175" з горизонтальною віссю обертання РВ та заднім розташуванням приводу; б) - марки "Seydelmann Konti-Kutter KK 140" з вертикальною віссю обертання РВ



Рис. 1.9. Будова різального вузла типу "ніж-решітка": 1 - ножовий вал; 2 - ніж; 3 - змінна різальна вставка; 4 - приймальна перфорована решітка; 5 - вихідна перфорована решітка; 6 - радіальні ребра жорсткості решітки; 7 - лопаті вивантажувальної крильчатки

Позбавлені таких недоліків різальні вузли інших типів. РВ типу «ротор-статор» складається з нерухомих зубчастих статорів та обертових зубчастих роторів [311]. Причому кожен ротор розміщений у відповідному статорі із зазором, який може сягати 30 мкм по радіусу. Сировина подрібнюється в зазорі, тертя елементів ротора по статору виключене. Через це при подрібненні спостерігається суттєво менший нагрів сировини та до 30% менші енерговитрати [144,214].

Недоліком же такого різального вузла є неможливість подрібнення достатньо крупного м'ясного фаршу. Тобто такі емульситатори призначені для подрібнення фаршу лише після його попередньої обробки на кутері, що суттєво стримує широке практичне використання даного типу емульситаторів. РВ типу "перфоровані пластини" складається з набору перфорованих дисків, в якому поміж нерухомим дисками розміщуються диски обертові. Діаметр отворів дисків поступово зменшується по напрямку руху сировини крізь РВ. Таку будові мають різальні вузли емульситаторів марки "Seydellmann Konti-Kutter" (рис. 1.8, б). Перевагою даної конструкції є [304] відсутність тертя обертових частин по нерухомим, деяке зниження енерговитрат на процес подрібнення та підвищена емульгуюча дія різальних крайків, які мають кут заточування 90° (різальні крайки отворів). Недоліком є знижена ефективність подрібнення сполучної тканини сировини, яка не пройшла попереднє подрібнення на кутері.

Комбінований тип РВ має одну або кілька ступенів подрібнення, виконаних по типу "ніж-решітка" і останню ступень подрібнення, яка виконана по типу "ротор-статор" чи "перфоровані пластини".

В роботах [4, 8, 16, 70, 145] досліджено кінетику процесу тонкого подрібнення м'ясної сировини в емульситаторах. Показано доцільність застосування в РВ декількох пар різання, що сприяє підвищенню фактичної продуктивності емульситаторів та покращенню ступеня подрібнення сировини. Досліджено і структурний склад тонкоподрібненого фаршу [17, 27, 38, 156, 200, 354]. Встановлено, що кращій вологоутримючій здатності фаршу та кращій

стабільності емульсії при подальших етапах обробки сприяє зменшення нагріву сировини при її подрібненні в РВ емульситатора.

Авторами [229, 294, 319] порівняно ефективність роботи емульситаторів з різними типами РВ. Встановлено, що емульситатори типу "ротатор-статор" споживають до 30% менше електроенергії та зумовлюють менший нагрів сировини при подрібненні. В той же час встановлено, що емульситатори з РВ типу "ніж-решітка" краще подрібнюють фарш після вовчка та володіють вищою надійністю в роботі.

Дослідниками [6, 151, 152, 211, 321, 329, 332] встановлено залежності величини продуктивності емульситатора, споживаної ним потужності та нагріву сировини при подрібненні від конструктивних та кінематичних параметрів РВ. Показано, що означені залежності мають експоненціальний характер. З чого можна зробити висновок, що подальше підвищення швидкості різання в емульситаторах повинно супроводжуватись додатковими заходами зі зменшення інтенсивності нагріву сировини.

В роботах [6, 349, 363, 365] досліджено вплив конструктивних і кінематичних характеристик емульситаторів з РВ типу "ротатор-статор" та їх технологічні та енергетичні показники. Авторами побудовано низку математичних моделей по визначенню основних параметрів емульситаторів такого типу.

Якості обробки сировини в емульситаторах присвячені роботи [7, 37, 44, 71]. Ступінь подрібнення сировини досліджувався в роботах [60, 62, 178, 228, 229, 318], в яких запропоновано низку авторських методик визначення дисперсійного складу м'ясної емульсії. Оглянувши результати даних досліджень можна дійти висновку, що на даний час не існує ефективної методики визначення дисперсійного складу м'ясної емульсії, яка б володіла високою точністю та достатньою для практичного використання простотою виконання. Оцінку якості подрібненої в емульситаторі м'ясної сировини доцільно проводити вимірюванням структурно-механічних її характеристик, а також проведенням органолептичного аналізу отриманої сировини та готового продукту, виготовленого з неї. До того ж в

наведених даних не вказано при якій температурі фаршу була виміряна адгезія, тоді як в емульсатор фарш, найчастіше, потрапляє після кутера, маючи температуру від  $+5^{\circ}\text{C}$  до  $+10^{\circ}\text{C}$ . Наведені в джерелах дані стосуються лише кількох видів конструкційних матеріалів (сталь вуглецева та фторопласт), що не можна вважати достатнім для обґрунтованого вибору матеріалу бункера емульсаторів. Актуальним є вирішення означених задач.

Можна зробити висновок, що, належною ефективністю подрібнення м'ясного фаршу до стану емульсії володіють емульсатори з РВ, який містить одну чи декілька пар "ніж-решітка". Звертає увагу на себе відсутність досліджень гідродинаміки сировини при її переробці в емульсаторі. Це суттєво обмежує пошук ефективних шляхів підвищення ефективності роботи цих машин.

Автором висунуто гіпотезу про те, що в сучасних емульсаторах, які оснащені бункерами, недостатньою є швидкість подачі сировини до РВ (за аналогією з кутерами, у яких ножова головка обертається зі швидкістю такого ж порядку). Внаслідок цього, зважаючи на високу швидкість обертання ножів (порядку  $50\text{ c}^{-1}$ ), недостатньою є продуктивність емульсатора (не під кожне лезо подається однакова достатня кількість фаршу).

Також завищеним є нагрів сировини в РВ, оскільки на порцію сировини в такому разі припадає збільшена емісія тепла, яке утворюється при швидкісному терті лез ножів по перфорованим решіткам.

У відомих роботах не запропоновано ефективних шляхів з вирішення даних проблемних задач, що суттєво стримує подальший розвиток емульсаторів, як технологічного обладнання.

### **1.5 Відомі шляхи підвищення працездатності робочих органів вовчків, кутерів та емульсаторів**

Підвищення працездатності різального інструменту вовчків, кутерів і емульсаторів було центральним завданням багатьох наукових робіт [18, 92, 117, 140, 185, 186, 187, 224, 264, 266, 300, 324, 339-341, 358, 360, 370, 374]. При цьому

головну увагу науковців привертало питання підвищення зносостійкості РІ. В той же час, практика м'ясопереробки свідчить про необхідність зосередження уваги дослідників і на інших аспектах працездатності цих деталей - на статичній міцності, втомній витривалості, ударній в'язкості. Актуальним є і встановлення основних чинників зниження працездатності вовчків, кутерів і емульсаторів.

При дослідженні підвищення зносостійкості РІ МПМС найбільшого поширення набули методи хіміко-термічної обробки [134, 179, 180, 326]. Зокрема рекомендується метод хромування, після обробки яким зносостійкість ножів кутера підвищується в 2-3 рази, вовчка у 1,5 рази. Азотування різальних кромки ножів кутера призводить до підвищення їх зносостійкості в 1,7 рази. Однофазне борування решіток вовчка дозволяє підвищити їх напрацювання на відмову до 4-5 разів. Недоліком таких методів зміцнення можна вважати недостатнє підвищення зносостійкості різального інструменту, великі витрати енергії та часу, борування призводить до значного підвищення крихкості поверхневих шарів РІ, що призводить до підвищеного їх викришування.

Грунтовно досліджені методи наплавлення зношених поверхонь ножів вовчка [91, 93, 143], але їх недоліком є значна трудомісткість і неможливість застосування для підвищення зносостійкості ножів кутера.

Серед відомих методів зміцнення ножів кутера [359] підвищеною ефективністю володіє імпульсно-плазмове азотування, яке дозволяє підвищити зносостійкість згідно [336], ножів до 4-5 разів. Недоліком такого методу є підвищена металоємність обладнання, значні енерговитрати, витрати часу та суттєве нагрівання всього матеріалу РІ (до 600 °С). Нагрів ножів кутера призводить до зміни твердості їх ділянок, що, як буде показано нижче, може мати негативний вплив на їх втомну витривалість та ударну в'язкість.

Відомі технології підвищення зносостійкості деталей імпульсно-плазмовою обробкою [195, 348]. Дана технологія володіє високою ефективністю (як при імпульсному лазерному зміцненні), високою продуктивністю (0,5 м<sup>2</sup>/год), значно більшим ККД нагріву (0,8 проти 0,05) та меншою у десятки разів вартістю технологічного обладнання у порівнянні з технологією лазерного зміцнення.

Згідно [239, 249], даний метод обробки дозволяє підвищити зносостійкість ножів вовчка до 4-х разів, кутера - до 2,2 разів.

Підвищення зносостійкості різального інструменту емульсатора залишається недостатньо вивченим питанням. Актуальним є обґрунтування високоефективних шляхів його вирішення. Попередній аналіз, проведений автором, показує перспективність використання з цією метою саме технологій імпульсної обробки, які дозволяють проводити і поверхневе зміцнення, наприклад, решіток емульсатора, і проводити детонаційне нанесення зносостійких покриттів, наприклад, на змінні леза емульсатора.

В працях [80, 118, 198] наведено результати дослідження зносостійкості шнеку та робочого циліндру вовчка, а також дослідження ефективності роботи вовчка залежно від величини зазору між шнеком і циліндром. Показано, що з часом означений зазор збільшується, що призводить до суттєвого зниження продуктивності машини і одночасного з цим збільшення енергоємності її роботи.

Однак у відомих працях не вказано розподілення величини зношування по периметру шнеку, ребер та западин робочого циліндру, а також уздовж вісі шнеку та робочого циліндру. На думку автора, обґрунтованим є очікування різкого диференціювання величин зношування по вказаних периметрах. До такого характеру зношування може призвести збільшення тиску сировини на шнек та на циліндр саме в зоні біля РВ, а також відомий порядок експлуатації вовчка - під час кожної зміни шнек щонайменше один раз витягається з циліндру задля проведення санітарної обробки та повертається назад. При цьому відбувається інтенсивне тертя шнеку по нижній частині циліндру (пара тертя "метал-метал"). Як результат, у відомих працях не запропоновано ефективних шляхів підвищення зносостійкості шнеку та робочого циліндру з метою забезпечення високих технологічних показників вовчка на протязі всього терміну його експлуатації.

Згідно робіт [249, 274] на продуктивність вовчка суттєвий вплив здійснює фронтальна площа лез ножа. Меншій площі відповідає більша продуктивність, але, одночасно з цим, пропорційно зменшується міцність лез ножа, що призводить до випадків їх руйнування. Міцність ножів вовчка у відомих наукових працях

грунтовно не досліджено. В роботі [142] авторами досліджено міцність маточини чотирилезових ножів вовчка залежно від геометричної форми осьового отвору маточини та його розташування відносно лез ножа. В роботі [66] наводяться результати чисельного моделювання напружено-деформованого стану ножів вовчка відповідної будови. Однак в означених роботах не досліджено міцність лез та маточини тих типів ножів, які найширше використовуються на практиці. Також не досліджено вплив силового кільця, яке охоплює по периметру леза ножа, на міцність цих лез. Відсутність зазначених даних не дає змоги пропонувати заходи щодо розробки раціональних конструкцій ножів вовчка, які здатні забезпечити високу його продуктивність, належний ступінь подрібнення сировини та які б мали зменшену собівартість виготовлення.

Не менш актуальною задачею залишається забезпечення високої міцності перфорованих решіток, які входять до складу різальних вузлів вовчка та емульсатора [329, 330]. Найбільш очевидний шлях покращення цього показника, а саме збільшення товщини решітки, не може вважатись ефективним, оскільки при збільшенні товщини стрімко зростає гідравлічний опір отворів [251]. При значній товщині решітки подача сировини крізь її отвори стає не можливою і робота машини зупиняється. Особливо гостро ця проблема стоїть для вихідних решіток емульсаторів, які мають отвори діаметром до 0,5 мм. Перфорована частина цих решіток виконується товщиною не більше 5 мм, а решітка підлягає утилізації при досягненні товщини перфорованої частини 2 мм. Як результат, завищеними є витрати на купівлю нового різального інструменту (вартість однієї решітки знаходиться в межах 300-800 євро) [308]. У відомих роботах не досліджено міцність означених перфорованих решіток та не запропоновано ефективних шляхів її підвищення. Вирішення цього завдання ускладнюється відсутністю достатньо простого математичного апарату, який би дозволив визначати напружено-деформований стан перфорованих решіток, які мають радіальні ребра жорсткості, як вихідні решітки емульсаторів (рис. 1.9).

Аналіз досвіду експлуатації кутерів вказує на гостру проблему забезпечення належної надійності їх основних робочих органів - ножів. Недостатня міцність



ножів призводить до частих випадків їх руйнування під час роботи кутера. При цьому виходить з ладу сам ніж або декілька з них (вартість одного ножа європейських виробників сягає 200-350 євро), стає непридатною для подальшого використання м'ясна сировина в чаші кутера (120-750 л), пошкоджується чаша та кришка ножової головки кутера, виникає ризик виходу з ладу підшипників ножового валу та самого валу через суттєве збільшення дисбалансу ножової головки. В результаті кутер виходить з ладу на тривалий час та потребує значного обсягу ремонтних робіт, що в решті спричинює суттєві матеріальні збитки для м'ясопереробного підприємства.

Статична міцність ножів кутера досліджувалась в багатьох роботах [40, 109, 110, 112, 163, 169, 222, 227, 250, 263]. Однак представлені результати не дозволяють виявити усі основні чинники, що призводять до руйнування ножів та не окреслюють ефективних шляхів підвищення їх міцності та надійності. Згідно досліджень [40, 223], характер зламу ножів вказує на втомну природу їх руйнування. При цьому ґрунтовно втомна міцність ножів кутера у відомих працях не досліджувалась. Також відсутні праці, в яких би були запропоновані та обґрунтовані високоефективні шляхи підвищення втомної міцності ножів.

Проблема втомного руйнування металів достатньо повно описана в [149, 174-177, 194, 208, 210, 219, 325, 365]. Автори [82, 89, 139, 140, 164, 223] відзначають вкрай важливу роль вибору марки матеріалу, виду та режимів його термічної обробки, якості поверхні металу для забезпечення його високої втомної міцності. В роботі [326] представлено фундаментальні дослідження особливостей корозійно-втомного руйнування деталей машин. В роботах [324, 338] зазначено, що корозійно-активне середовище значно (до кількох разів) знижує втомну міцність металів. Суттєвий вплив на зниження міцності здійснює і попередня корозійна дія середовища, наприклад, при зберіганні деталей. В роботах [9, 61, 63, 83, 90, 174, 203, 204, 291, 368] показано, що ефективним шляхом підвищення втомної міцності деталей є їх поверхнева зміцнювальна обробка. Використання хіміко-термічної обробки [90, 116, 121, 128, 206, 208, 236, 345-347, 349],

поверхневого пластичного деформування, обробки концентрованими джерелами енергії дозволяє підвищити втомну витривалість деталей понад 3 рази.

На основі проведеного аналізу відомих публікацій, автором зроблено висновок про актуальність дослідження ефективності використання високочастотного механічного проковування [192] та імпульсно-плазмового зміцнення [349] для підвищення втомної міцності ножів кутера. Зважаючи на високі частоти обертання ножів в сучасних моделях кутерів (до  $100 \text{ c}^{-1}$ ) та на періодичний характер контакту ножів із сировиною актуальним є дослідження вібраційної стійкості ножів, як фактора зниження їх міцності при роботі.

Вирішення означених вище проблемних задач дозволить комплексно підвищити працездатність машин для подрібнення м'ясної сировини.

## **1.6 Системний підхід, як основа ефективного вдосконалення машин для подрібнення м'ясної сировини**

В сучасних моделях вовчків, кутерів і емульситаторів недостатньою є питома продуктивність, якість обробки сировини, працездатність робочих органів, зависокою є енергоємність роботи. Відомі шляхи покращення цих показників володіють недостатньою ефективністю, що суттєво стримує розвиток машин для подрібнення м'ясної сировини.

Проведений автором аналіз дозволив висунути гіпотези про те, що особливості гідродинаміки сировини в робочих зонах цих машин істотно знижують їх максимально досяжну питому продуктивність та обумовлюють погіршену якість отримуваних напівфабрикатів. Специфічний характер руху сировини та її фізико-механічні властивості суттєво впливають на працездатність робочих органів, зменшуючи їх зносостійкість, міцність та витривалість. Досягти ефективного вдосконалення даних машин можна лише правильним чином взаємоузгодивши означені базові аспекти.

Для знаходження ефективних шляхів вдосконалення машин для подрібнення м'ясної сировини актуальною є розробка концепції їх вдосконалення. На теперішній час існує значна кількість методик та положень, які дозволяють формалізувати пошук рішень задач, що виникають при вдосконаленні техніки, а також зробити цю діяльність більш продуктивною [195]. Однак при їх практичному використанні стають наочними і їх недоліки, найголовнішими з яких є громіздкість та достатньо вузька спеціалізація.

Так одні з них призначені для пошуку нового рішення конкретної технічної задачі, інші - для знаходження і постановки самих невирішених задач, треті - окреслюють і деталізують вимоги, що ставляться до техніки.

При цьому більшість з методик містить значний обсяг положень, який дозволяє використовувати окремо взяті методику для вирішення широкого кола задач із різних галузей техніки.

Для фахівця, який працює в одній галузі техніки, частина положень є незатребуваною, практично не застосовною, а значить - зайвою, тою, яка відтягує на себе частину пам'яті та уваги фахівця, збільшує витрати часу на аналіз задачі та на пошук її вирішення.

Поряд із означеним вище, слід вказати на віддаленість, відірваність методик поміж собою, відсутність чіткого та логічного зв'язку між ними. Це призводить до необхідності фахівцю при вирішенні задач самотужки визначати потребу в методиках певної групи, виконувати їх пошук, вивчення, а потім узагальнення та систематизацію. Іншими словами - фахівцеві необхідно самостійно випрацьовувати концепцію своєї роботи при вдосконаленні техніки, що знижує продуктивність та результативність його діяльності.

Актуальним є розкриття синергетичного ефекту взаємоінтегрованого використання наукових досліджень і винахідницьких прийомів (які складають теорію вирішення винахідницьких задач) та створення чіткої алгоритмізації процесу вирішення складних технічних задач на їх основі. Також доцільним є створення таких положень, які б дозволили з'ясувати основні напрямки, принципи та саму логіку вдосконалення машин, робити це якісно та в короткі терміни. Такі

положення мають стати концепцією роботи фахівця з розвитку технологічного обладнання харчових виробництв, бути мов би "призмою" крізь яку фахівець повинен дивитись на техніку навколо себе.

На нашу думку, така концепція повинна ґрунтуватись на системному взаємоузгодженні процесів подачі сировини, її обробки та силового навантаження робочих органів. Розкриття системних зв'язків основних процесів у вовчках, кутерах і емульситаторах створює умови для їх ефективного подальшого вдосконалення в нових напрямках. В роботі [286] представлено детальний перелік вимог до технічних систем. Однак він охоплює системи різних класів, таких як верстатне обладнання, теплосилове устаткування, авіатехніку, транспорт тощо. Для технологічного обладнання ці вимоги можуть бути звужені та концентровані між собою. Основні напрямки модернізації обладнання харчових виробництв наведені в роботі [171]. В ній представлено 12 напрямків, які достатньо детально окреслюють завдання при вдосконаленні технічних систем харчових виробництв. Однак, на нашу думку, така кількість напрямків є зовеликою в контексті поставленої задачі та в них відсутні достатньо цінні положення, що наведені в [285]. Доцільно звузити дані напрямки та зробити їх більш лаконічними.

Автори [300] представили численні експериментальні дані про вплив середовищ харчових виробництв на надійність та довговічність елементів технологічного обладнання. Ці дані доцільно враховувати в розроблюваній концепції.

Проводити ефективний пошук резервів вдосконалення технічної системи та зниження її собівартості дозволяє функціонально-вартісний аналіз (ФВА) [136, 234]. Важливою з практичної точки зору особливістю ФВА є розгляд об'єкту, як сукупності функцій, які він виконує. При цьому передбачається, що кожному об'єктові, найчастіше, властиві корисні, нейтральні та шкідливі функції різного рівня виконання, які можуть дублюватись в об'єкті. Відповідно до ФВА, порівнюється функціональна значущість кожного елемента (навіть окремих поверхонь однієї деталі) та вартість на його виготовлення. Передбачається, що в багатьох випадках витрати є зовеликими по відношенню до значущості тих

функцій, які об'єкт виконує. Кінцевою метою ФВА є виключення шкідливих, нейтральних та дубльованих функцій разом з їх матеріальними носіями - елементами. Завдяки цьому можна підвищити ефективність роботи системи, спростити та здешевити її або одночасно досягти означених результатів. Не дивлячись на цілком певні переваги даного методу, його недоліками в даному випадку слід вважати громіздкість та, що більш важливо, відсутність потреби у вартісному аналізі розглядуваних технічних систем. Найбільш затребуваним та ефективним інструментом ФВА є функціональний аналіз системи та її елементів. Його і доцільно взяти до уваги у розроблюваній концепції.

З нашої точки зору, найбільш широкоживаним, ефективним та лаконічним інструментарієм теорії вирішення винахідницьких задач є положення законів розвитку технічних систем, деякі типові прийоми та стандартні рішення, які стосуються об'єднання технічних систем. Багато типових прийомів, таких як, принцип копіювання, використання пневмо- і гідроконструкцій, зміни забарвлення, застосування сильних окислювачів тощо дуже рідко застосовуються в харчовому машинобудуванні. Все означене дозволяє вибрати найбільш ефективний інструментарій теорії вирішення винахідницьких задач для розроблюваної концепції.

При вдосконаленні обладнання та технічних систем загалом високою ефективністю володіє метод, який істотно відрізняється від тих, що були розглянуті вище. Це метод, який базується на використанні результатів наукових досліджень. Проведення наукових досліджень дозволяє отримати врешті такі результати, що сприяють вирішенню найскладніших технічних задач. Нажаль, в переважній більшості профільної літератури даному методу приділяється недостатня увага, що суттєво обмежує можливість пошуку ефективних рішень.

Актуальним є вирішення наукової проблеми розробки і використання систематизованого підходу до дослідження та комплексного вдосконалення машин для подрібнення м'ясної сировини.

Поряд із зазначеним слід відмітити, що в сучасних умовах ринкової економіки і розвиненої конкурентної боротьби між виробниками техніки в

багатьох випадках актуальним є створення будь-яких значущих переваг над продукцією інших виробників. В такому разі стає актуальним виявлення тих невирішених задач з розвитку даної моделі обладнання, які сприятимуть найскорішому набуттю нею конкурентних переваг в порівнянні з системами-аналогами. Відомі методики розвитку ТС не дозволяють визначати саме найбільш перспективні шляхи такого розвитку з точки зору якнайшвидшого надання технічній системі (машинам для подрібнення м'ясної сировини) конкурентних переваг. Актуальним є вирішення даної задачі.

## 1.7 Висновки за розділом 1

Близько 70% операцій технологічного процесу виготовлення ковбасних виробів та фаршевих напівфабрикатів займають операції подрібнення м'ясної сировини. Вони в значній мірі визначають якість та вихід готового продукту.

Основними видами подрібнювального обладнання м'ясопереробних виробництв були і залишаються вовчки, кутери та емульситатори. Над дослідженням та вдосконаленням цих машин працювало багато дослідників. Незважаючи на вагомість отриманих при цьому результатів, їх не можна вважати вичерпними для окремих аспектів робочих процесів в даних машинах.

В сучасних моделях вовчків, кутерів і емульситаторів недостатньою є питома продуктивність, якість обробки сировини, працездатність робочих органів, зависокими витрати енергії на процес подрібнення.

В результаті аналізу і узагальнення науково-технічної інформації з існуючих конструкцій вовчків, кутерів і емульситаторів, їх технологічних параметрів та відомих методологічних підходів до вдосконалення даного типу машин доведено актуальність завдань по уточненню відомих та встановленню нових системних зв'язків між гідравлічними процесами подачі та механічними процесами подрібнення, виявлення закономірностей їх впливу на напружено-деформований стан, характеристики зношування та витривалість робочих органів машин. На основі наведеного запропоновано нову концептуальну гіпотезу

вдосконалення машин для подрібнення м'ясної сировини, яку і покладено в основу даної роботи та сформульованих завдань досліджень, які наведені нижче.

Ґрунтуючись на наведеному вище можна сформулювати такі завдання досліджень даної роботи:

- провести аналіз наявних конструкцій вовчків, кутерів і емульсаторів, їх технологічних параметрів і відомих методологічних підходів до їх вдосконалення;

- розробити методики дослідження процесів, які відбуваються при взаємодії робочих органів машин із м'ясною сировиною під час її переробки, спроектувати та виготовити відповідне апаратне оформлення цих методик;

- запропонувати й обґрунтувати ефективну систему підходів до вдосконалення вовчків, кутерів і емульсаторів на підґрунті взаємоузгодження гідродинаміки сировини, процесу її подрібнення, закономірностей впливу параметрів даних процесів на напружено-деформований стан, характеристики зношування та втомну витривалість робочих органів машин;

- встановити особливості гідродинаміки м'ясної сировини в робочих зонах машин, закономірності їх впливу на процес подрібнення, способи взаємоузгодження конструктивних параметрів систем подачі та подрібнення;

- виявити закономірності впливу параметрів взаємодії робочих органів машин з м'ясною сировиною на їх напружено-деформований стан, характеристики зношування та межу втомної витривалості;

- встановити частотні діапазони коливань ножів кутерів, базові фактори, що їх визначають, та характеристики впливу вібраційних навантажень на напружено-деформований стан ножів;

- виявити закономірності впливу технологій зміцнення матеріалу та геометричних характеристик ножів кутерів на межу їх втомної витривалості;

- встановити закономірності зношування базових елементів вузлів подрібнення кутерів і емульсаторів;

- запропонувати комплекс конструктивних і технологічних заходів для підвищення зносостійкості, механічної міцності та втомної витривалості робочих органів вовчків, кутерів і емульсаторів;
- на основі отриманих результатів досліджень обґрунтувати напрями вдосконалення та розвитку конструкцій вовчків, кутерів і емульсаторів із суттєво підвищеними питомою продуктивністю, якістю обробки сировини та енергоефективністю;
- провести дослідно-промислові випробування вдосконалених машин та оцінити економічну ефективність запропонованих технічних рішень.



## РОЗДІЛ 2.

### МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕНЬ, АПАРАТУРА ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТІВ

#### 2.1 Експериментальна база досліджень та оцінка достовірності результатів

Для виконання комплексних системних досліджень використовувалися вовчки К6-ФВЗП-200, МП-160, АЛ-130, VVS-180 [5], кутери Laska KR-200-2V, Laska KR-330-2V, емульситатор Karl Schnell FD175,

Вовчок моделі АЛ-130 використовується для попередньої обробки кускового жилованого м'яса, решітки вузла різання мають діаметр – 130 мм, продуктивність за паспортом – 2200 кг/год. Відсутній подавальний шнек, робочий шнек є однозахідним. Окрім того вовчок комплектується шнеком який має збільшений крок витків. Різальний вузол вовчка оснащений трьома решітками та двома двосторонніми ножами. Маючи за мету обґрунтування ефективних способів підвищення продуктивності вовчків виконано дослідження вовчка АЛ-130 оснащеного двозахідним шнеком. Кут підйому останніх витків шнека становив 7°. Вовчок МП-160 розроблений для попередньої обробки кускового жилованого м'яса, решітки вузла різання мають діаметр – 160 мм, продуктивність за паспортом – 3000 кг/год. Різальний вузол вовчка також оснащений трьома решітками та двома двосторонніми ножами. Вовчок комплектується подавальним шнеком, розташованим паралельно до робочого. Вовчок моделі VVS-180 використовується для попередньої обробки кускового жилованого м'яса, решітки вузла різання мають діаметр – 180 мм, продуктивність за паспортом – 6000 кг/год.. Різальний вузол вовчка оснащений трьома решітками та двома двосторонніми ножами. Вовчок комплектується подавальним шнеком, розташованим перпендикулярно до робочого. Вовчок моделі К6-ФВЗП-200 розроблений для обробки попередньо охолодженого м'яса з жилами. Технічні параметри вовчка: продуктивність – 6500 кг/год; діаметр решіток ножів – 200 мм; ємність бункера – 280 л; споживана потужність приводом робочого шнека – 22,4 кВт.

Різальний вузол вовчка оснащений двома решітками та одним двостороннім ножом. Вовчок комплектується двома подавальними шнеками та одним робочим.

Кутер Laska KR-200-2V призначений для попереднього та тонкого подрібнення м'ясної сировини. Об'єм чаші кутера – 200 л. Ножова головка складається із 6-ти серповидних ножів, різальні кромки виконано у вигляді ламаних ліній. Частоти обертання ножової головки – 1075; 2150; 4300 хв<sup>-1</sup>. Частоти обертання чаші - 9; 18 хв<sup>-1</sup>. Кутер вакуумний, глибина вакууму, що створюється в робочій зоні кутера – до 0,8. Потужність електродвигуна приводу ножового валу 103 кВт.

Кутер Laska KR-330-2V призначений для попереднього та тонкого подрібнення м'ясної сировини. Об'єм чаші кутера – 330 л. Ножова головка складається із 6-ти серповидних ножів, різальні кромки виконано у вигляді ламаних ліній. Частоти обертання ножової головки – 740; 1475; 2950 хв<sup>-1</sup>. Частоти обертання чаші - 9; 18 хв<sup>-1</sup>. Кутер вакуумний, глибина вакууму, що створюється в робочій зоні кутера – до 0,8. Потужність електродвигуна приводу ножового валу 110 кВт.

Емульсатор Karl Schnell FD 175 призначений для тонкого подрібнення м'ясного фаршу. Зовнішній діаметр решіток різального вузла - 175 мм, кількість решіток в різальному вузлі - 2 шт. Об'єм бункера для сировини - 140 л. Продуктивність - 3500 кг/год. Частота обертання ножів - 2970 хв<sup>-1</sup>. Встановлена потужність двигуна - 52 кВт.

При проведенні експериментів використовувався пристрій для подрібнення м'ясної сировини з використанням вакуумного шприца марки Handtmann VF 628 [267, 152, 297]. Продуктивність пристрою – до 6000 кг/год, тиск, створюваний фаршевим насосом, – до 0,72 МПа. Шприц використовувався у комплекті із насадкою вовчка, схему якої представлено на рис. 2.1. Установка функціонує таким чином. У корпус фаршевого насоса 1 встановлюється вал 2 на якому розміщено ротор 4, з встановленими в пазах рухомими лопатями 5, які мають контакт з копіром 3. За обертання ротора 4 лопаті 5, за рахунок контактів з

копіром 3 та відповідною поверхнею корпусу 6, виконують стиснення м'ясної сировини та нагнітання її у відвідний патрубок.

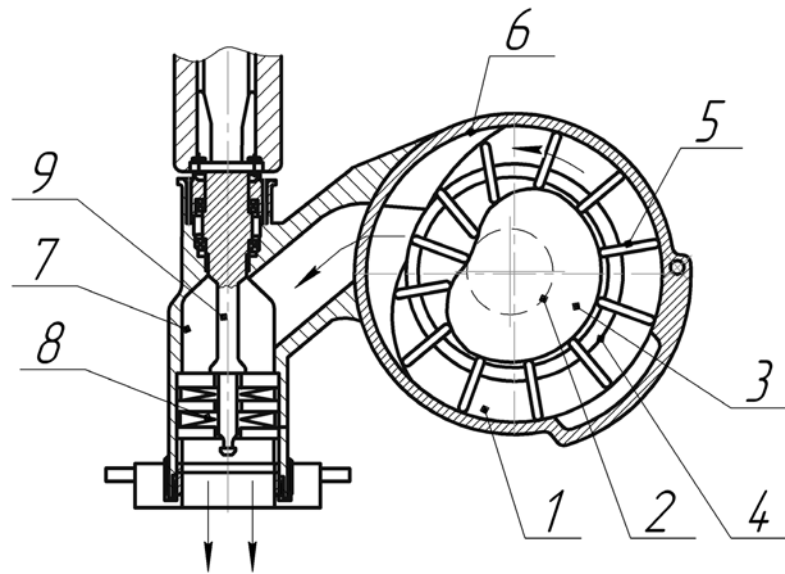


Рис. 2.1. Схема пристрою для подрібнення м'ясної сировини з використанням шприца марки Handtmann VF 628: 1 - корпус фаршевого насоса; 2 - вал; 3 - копір; 4 - ротор; 5 - рухомі лопаті; 6 - внутрішня поверхня корпусу; 7 - горловина; 8 - різальний вузол; 9 - ножовий вал

З патрубку, що відводить м'ясна сировина подається у робочий циліндр 7, де розміщений різальний вузол вовчка 8, з приводом від ножового валу 9.

М'ясна сировина, рухаючись в робочому циліндрі 7, одночасно та рівномірно нагнітається по площі робочої поверхні решіток різального вузла 8, подрібнюється та виводиться з насадки вовчка.

Заміною вихідної решітки можливо регулювати рівень подрібнення сировини. Завдяки застосуванню окремих приводів для роботи фаршевого ексцентриково-лопатевого насоса і ножового вала забезпечено можливість варіювання продуктивністю установки та рівнем подрібнення сировини без зміни різального комплекту.

Планування експериментів та обробка їх результатів виконувалися з використанням методів теорії планування експерименту [73, 114, 210, 220, 357] і прикладної статистики [280, 311, 316, 346].

Достовірність отриманих результатів перевірялася за вірогідною ймовірністю  $P_n$  яка дозволяє оцінити те, що дійсне значення ймовірності величини параметра потрапляє у інтервал довірчої вірогідності:

$$m = \pm t_{\beta} \sigma_m \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{N-1}}, \quad (2.1)$$

де  $t_{\beta}$  – гарантійний коефіцієнт Стьюдента для інтервалу довірчої вірогідності;

$\sigma_m$  – середньоквадратичне відхилення (дисперсія) вимірів:

$$\sigma_m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{N-1}}, \quad (2.2)$$

Дисперсія й особливо стандартне відхилення в досить повній мірі відповідають вимогам, пропонованим до показників, що характеризують розподілу чисельностей. Тому ці показники одержали найбільш широке застосування як у теоретичних дослідженнях, так і в практиці статистичного аналізу.

де  $N$  – кількість вимірів;  $x_i$  – значення вимірюваної величини;  $\bar{x}$  – середньоарифметичне значення вимірюваної величини:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (2.3)$$

Кількість вимірювань достатня для розподілу похибок, що близький до нормального та дає змогу отримати вірогідне значення вимірюваних величин, визначається за формулою:

$$N \geq \frac{1 + P_n + 2n_{cm}}{1 - P_n}, \quad (2.4)$$

де  $n_{cm}$  – кількість вимірювань із найбільшими похибками, що відкидаються.

Згідно з відомими рекомендаціями вірогідна ймовірність обиралася в інтервалі (0,8...0,9), тоді за  $n_{cm} = 0$ :

$$N \geq \frac{1 + (0.8...0.9)}{1 - (0.8...0.9)}, \quad (2.5)$$

Далі розраховується ймовірність  $P_n$  (за  $N$  відомих вимірів) при умові, що похибка середнього значення не знаходиться за межами вірогідного інтервалу  $m$ . Для цього визначається середньоарифметичне значення  $\sigma_o$  середньоквадратичного відхилення  $\sigma_m$ :

$$\sigma_o = \frac{\sigma_m}{N}, \quad (2.6)$$

Далі визначається коефіцієнт Стюдента:

$$\alpha_{cm} = \frac{\mu}{\sigma_o}, \quad (2.7)$$

Опісля за відомими  $\alpha_{cm}$  та  $N$  розраховується вірогідна ймовірність  $P_{n1}$ . В разі коли  $P_{n1}$  виявляється нижче необхідної, то мінімальна кількість вимірювань визначається за рівнянням:

$$N_{\min} = \frac{k_B^2 t_\beta^2}{\Delta^2}, \quad (2.8)$$

де  $\Delta$  – точність вимірювань;  $k_B$  – коефіцієнт варіацій:

$$k_B = \frac{\sigma_m}{\bar{x}}; \quad (2.9)$$

Перевірка адекватності отриманих теоретичних залежностей виконувалася при допомозі відхилень, що розраховуються за формулами для значень шуканого параметра  $\hat{y}$  від експериментально отриманих та усереднених  $\bar{y}$  за кількістю повторення дослідів  $m$ .

Оцінювання відхилень виконувалося за теорією Фішера. Розраховувалася екстремальна величина критерію Фішера  $f_e$  і порівнювалася із теоретичним  $f_m$ , яке приймалося відповідно до необхідного рівня значущості. Якщо  $f_e \leq f_m$ , то отримана теоретична залежність є адекватною.

Величина критерію Фішера для експериментальних вимірювань розраховувалася за залежністю:

$$f_e = \frac{S_a}{S_b}, \quad (2.10)$$

де  $S_a$  – дисперсія адекватності:

$$S_a = \frac{m}{n-1} \sum_{i=1}^N (\bar{y} - \hat{y})^2; \quad (2.11)$$

$S_b$  – дисперсія відтворюваності:

$$S_b = \frac{l}{N(m-l)} \sum_{i=1}^N \sum_{u=1}^m (y_{iu} - \hat{y}), \quad (2.12)$$

де  $m$  – кількість паралельних вимірювань;

$l$  – число значущих коефіцієнтів отриманої теоретичної залежності.

Теоретична величина критерію Фішера визначалася за таблицею при відповідних ступенях вільності  $f_1$  і  $f_2$  та рівнях значущості  $q$  (зазвичай  $q = 0,05$ ):

$$f_1 = N - 1; \quad (2.13)$$

$$f_2 = N(m - 1); \quad (2.14)$$

Планування експериментів виконувалося в програмному пакеті STATISTIC 10. Обробка отриманих результатів експериментальних досліджень, визначення середньоквадратичного відхилення, залишків та коефіцієнта кореляції виконувалися в програмному середовищі CurveExpert 1.3.

## **2.2 Методики та обладнання для експериментальних досліджень параметрів процесів подачі та подрібнення сировини**

### **2.2.1 Методики та обладнання для визначення продуктивності машин для подрібнення м'ясної сировини та енергоємності їх роботи**

Експериментальне визначення показників продуктивності машин для подрібнення м'ясної сировини проводилось в ковбасному цеху ВАТ «Черкаська продовольча компанія», що спеціалізується на виготовленні м'ясних виробів, зокрема – ковбасних.

Вимірювання продуктивності вовчків [5] виконувалося таким чином (рис. 2.2). Після санітарної обробки обладнання вимірювалися реальні конструктивні характеристики робочих органів вовчків (геометричні параметри горловин вовчків), що дало змогу підтвердити відповідність, зазорів між шнеком і спіральними виступами горловини встановленим нормам в 1...2 мм. Таким чином, отримано підтвердження того, що робота вовчків відповідає паспортним даним.

Вимірювання фактичної продуктивності вовчків при переробці м'ясної сировини відбувалося таким чином:

- завантаження бункера вовчка порцією сировини, що надійшла із цеху обвалювання та жилювання;
- вимірювання при допомозі електронного секундоміра часу переробки отриманої порції сировини;
- зважування переробленої продукції у візку на вбудованих в підлогу тензобагах (маса візка враховувалась);
- перерахунок вимірних значень часу обробки і маси порції переробленої продукції у фактичну продуктивність вовчка.

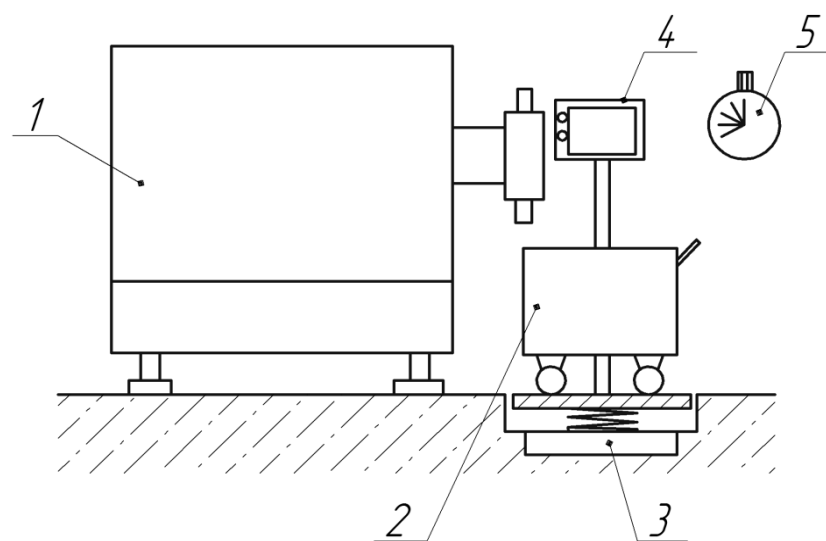


Рис. 2.2. Схема вимірювання продуктивності машин для подрібнення м'ясної сировини: 1 – вовчок; 2 – напільний візок; 3 – напільні електронні ваги; 4 – електронне табло вагів; 5 – електронний секундомір

Вимірювання продуктивності кутерів та емульсатору проводилось аналогічно до вимірювання продуктивності вовчків.

Для визначення витрат потужності при роботі машин для подрібнення м'ясної сировини використовувався ватметр Д365, який призначений для вимірювання споживаної потужності до величини 120 кВт.

Даний ватметр призначений для вимірювання активної потужності в трьохпроводних мережах змінного струму частотою 50 Гц при напрузі 30 В та рівномірному і нерівномірному навантаженні фаз. Принцип дії ватметр Д365



феродинамічний. Вимірювальний механізм складається з двох магнітопроводів, які зібрані з листової електротехнічної сталі. Ватметр розрахований для роботи при температурі від  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$  та відносній вологості 95% при  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Ватметр підключався до мережі живлення машин за схемою "трикутник".

### **2.2.2 Методики експериментальних досліджень гідродинаміки сировини в робочих зонах машин**

Процес дослідження особливостей гідродинаміки сировини в робочих зонах машин здійснювався шляхом виконання високошвидкісної відеозйомки процесу руху м'ясної сировини крізь відповідні робочі зони. Досліджувалась гідродинаміка сировини у вовчках, кутерах і емульситаторах. Схема досліджень [271] показана на рис. 2.3 (на прикладі дослідження інтенсивності подачі сировини окремими зонами останнього витка шнека вовчка).

Використовувалось наступне обладнання:

- цифрова відеокамера Sony FS7 00;
- рекордер Odyssey 7Q Convergent Design;
- об'єктив Sony SEL-18200 OSS;
- штатив Manfrotto TR 546B;
- LCD відеомонітор 9,7'' Lilliput 969 A/O/P.

Даний комплект обладнання дозволяє проводити відеозйомку з якістю від FullHD до 4k. Під час досліджень використовувалась відеозйомка зі швидкістю 960 кадрів за секунду, роздільна здатність при цьому складала  $1920 \times 216$  пікселів.

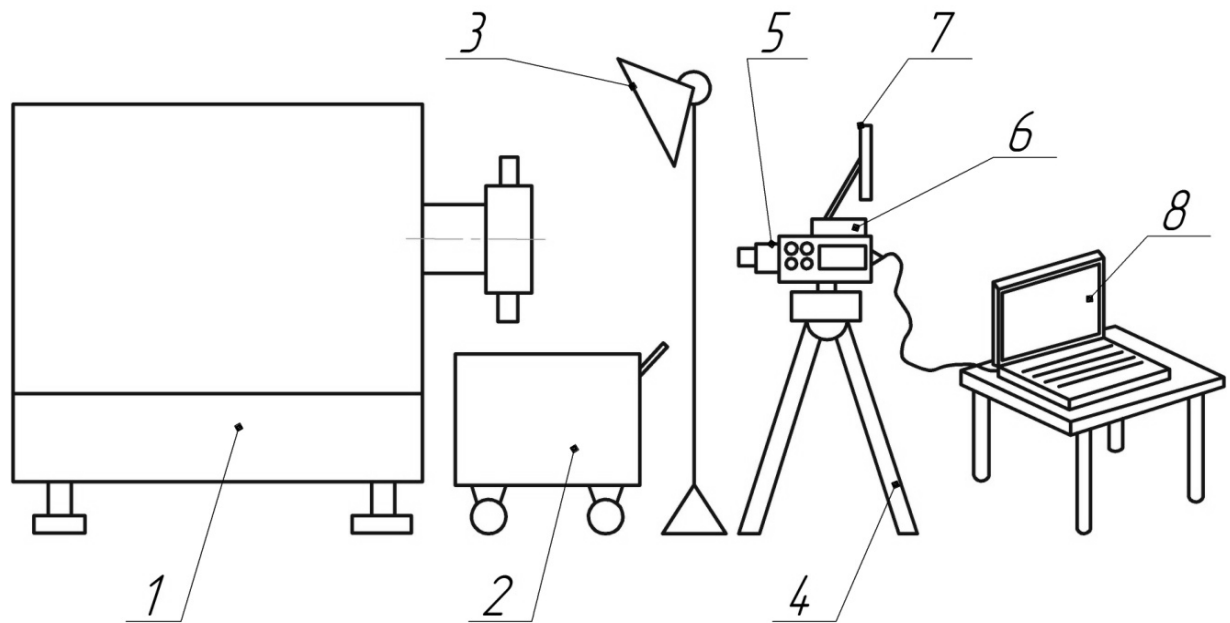


Рис. 2.3. Схема експериментальних досліджень інтенсивності подавання сировини різними зонами крайнього витка шнека вовчка: 1 – вовчок; 2 – приймач сировини (напільний візок); 3 – прожектор; 4 – штатив; 5 - відеокамера; 6 - рекордер; 7 - монітор; 8 - персональний комп'ютер

З отриманого відеофайлу виокремлювалася низка покадрових фотозображень в середовищі пакета "FreeVideoto JPG Converter 5.0.99.823".

За результатами аналізу фотозображень визначалися характеристики руху м'ясної сировини.

Методика експериментальних досліджень ГО РВ вовчків полягала у такому [259]. Застосовувався лабораторний стенд, що складався з випробувальної машини та спеціального пристрою, встановленого в її робочих захватах аналізатора.

Базовим елементом пристрою є робоча камера (рис. 2.4), яка комплектується циліндром 1, поршнем 2 і стаканом 3, всередині якого міститься набір решіток 4, розділених проміжними кільцями 5.

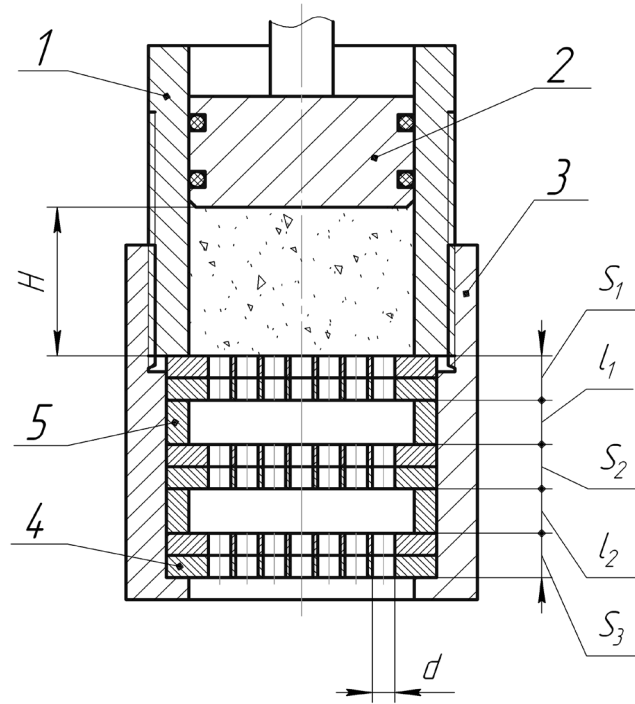


Рис. 2.4. Конструктивна схема робочої камери спеціального пристрою для визначення ГО РВ вовчків:

1 – циліндр; 2 – поршень; 3 – стакан; 4 – решітка; 5 – проміжне кільце

Типи застосовуваних решіток представлено на рис. 2.5. Геометричні та конструктивні характеристики робочої камери, всі поєднання яких були застосовані при дослідженні ГО, представлено в табл. 2.1.

Вимірювання величини ГО виконувалося таким чином: подрібнена з дисперсністю ( $20 \times 20 \times 20$  мм) м'ясна сировина (яловичина жилована I гатунку або свинина нежирна) завантажувалась у циліндр 1, після чого він закривався поршнем 2; під дією приводу аналізатора текстури поршень переміщувався вниз, продавляючи при цьому м'ясний фарш з відомою дисперсністю через встановлений набір решіток; величина зусилля при продавлюванні сировини крізь отвори, та відповідне зміщення поршня (абсолютна деформація фаршу) реєструвалися за допомогою самописця.

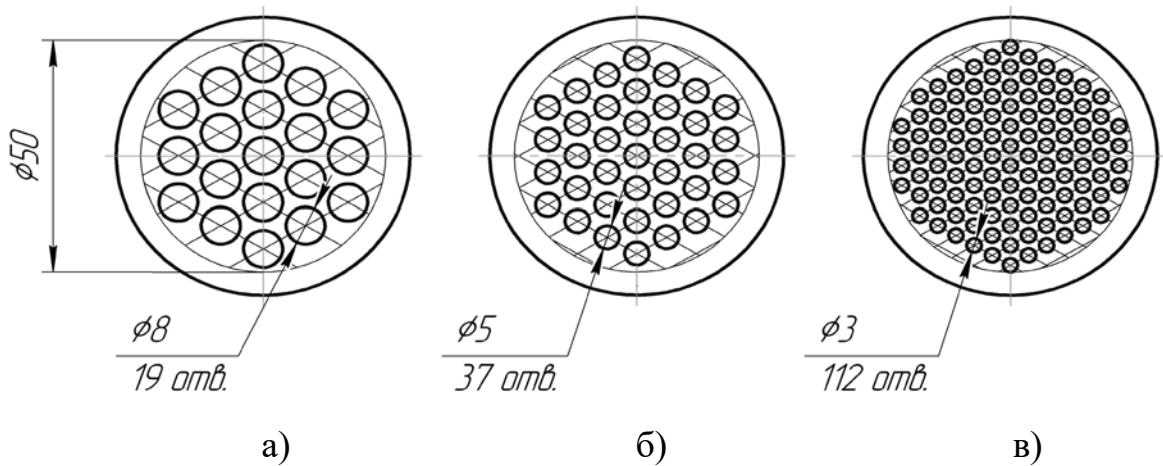


Рис. 2.5. Конструктивні схеми решіток з різними коефіцієнтами перфорації

$\varphi$ :

а) –  $\varphi = 0,49$ ; б) –  $\varphi = 0,37$ ; в) –  $\varphi = 0,40$

Таблиця 2.1

Геометричні та конструктивні характеристики робочої камери при вимірюванні ГО РВ вовчків

Товщина шару фаршу в циліндрі $H$ , мм	Діаметр $d$ , мм отворів в решітках	Геометричні характеристики набору решіток				
		$S_1$ , мм	$l_1$ , мм	$S_2$ , мм	$l_2$ , мм	$S_3$ , мм
25;	8; 5; 3	5;	5;	5;	5;	5;
50;		10;				
75;		15;	10;	10	10	
100		20;	15;	10	10	10
		25;	20			
		30				

Для дослідження [232] гідродинаміки м'ясного фаршу при його русі в бункері емульсатору було виготовлено 5 моделей бункерів (рис. 2.6, 2.7), які входять до складу конструкцій емульсаторів провідних світових виробників. Бункери виготовлені в масштабі 1:25 відповідно до реальних конструкцій емульсаторів [295-300].

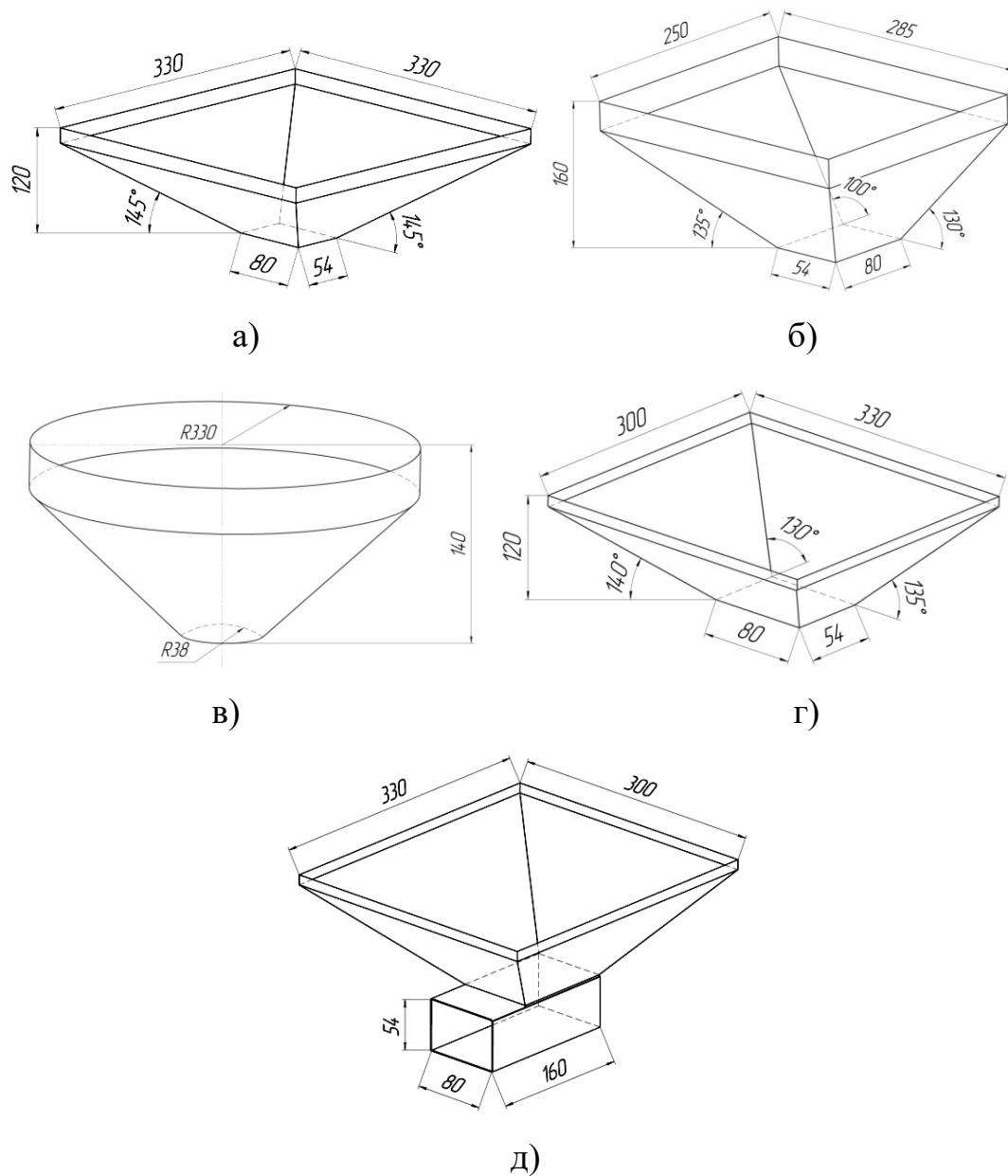


Рис. 2.6. Геометричні параметри моделей бункерів для емульсаторів різних марок: а) - Laska Nannokutter FZ 175 (тип 1); б) – Stephan MCH-D (тип 2); в) – KILIA FineCUT 4000/6000 (тип 3); г) – Karl Schnell FD -175 без горизонтального патрубку (тип 4); д) – Karl Schnell FD -175 з горизонтальним патрубком (тип 5)

Методика досліджень полягала у наступному [232]. Кожна модель бункеру 1 встановлювалась (рис. 2.7) на опору 2, під якою на електронних вагах 4 була розміщена мірна ємкість 3 відповідного об'єму. В бункер завантажувався фарш ковбаси «Лікарська» у кількості 4 л. Фарш був попередньо подрібнений на кутері

моделі Laska KR-330-2V. Після відкриття випускного отвору бункера вмикалась цифрова відеокамера, яка фіксувала процес витікання сировини з бункера та зміну показників маси на вагах.

Похибка вимірювання маси для вагів ZELMER ZKS 14100 складала  $\pm 1$ г. По закінченню процесу вивантаження фаршу отриманий відеозапис аналізувався за допомогою персонального комп'ютера, що дозволяло побудувати графічну залежність витрати маси сировини від часу.

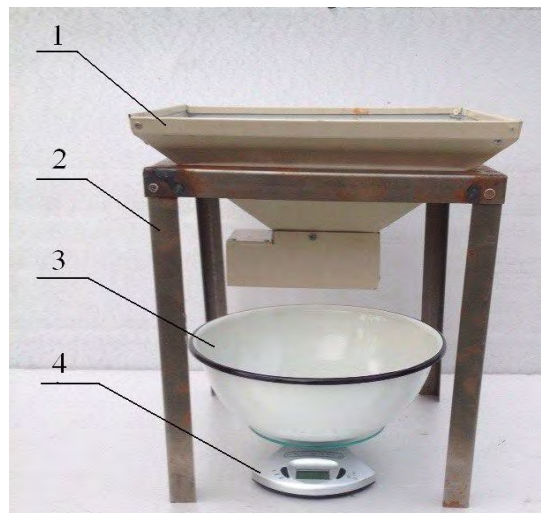


Рис. 2.7. Експериментальна установка для визначення витратних характеристик бункерів: 1- модель бункеру; 2 – опора; 3 - мірна ємкість; 4 - електронні ваги

Вплив швидкості подачі сировини до різального вузла емульсатора на якість обробки сировини досліджувався із використанням наступного комплекту оснащення (рис.2.8). В бункері емульсатора 1 розміщувався поршневий нагнітач 2, корпус якого був виготовлений з листового металу. Під дією прикладеного тиску  $P$ , який створювався прикладенням зусилля оператора, сировина з поршневого нагнітача 2 подавалась до РВ емульсатора.

Після подрібнення в РВ сировина виводилась крізь патрубков емульсатора в приймальну ємкість 3, яка була встановлена на напільних вагах 4 (штатні напільні ваги в ковбасному цеху м'ясопереробного підприємства). За допомогою відеокамери 6 фіксувалась зміна показників ваги на табло 5, а також фіксувалась

швидкість зміщення поршня нагнітача 2. За допомогою персонального комп'ютеру 8 та відповідного програмного забезпечення отримані відеофайли аналізувались, що дозволяло визначити швидкість подачі сировини до РВ емульситатора.

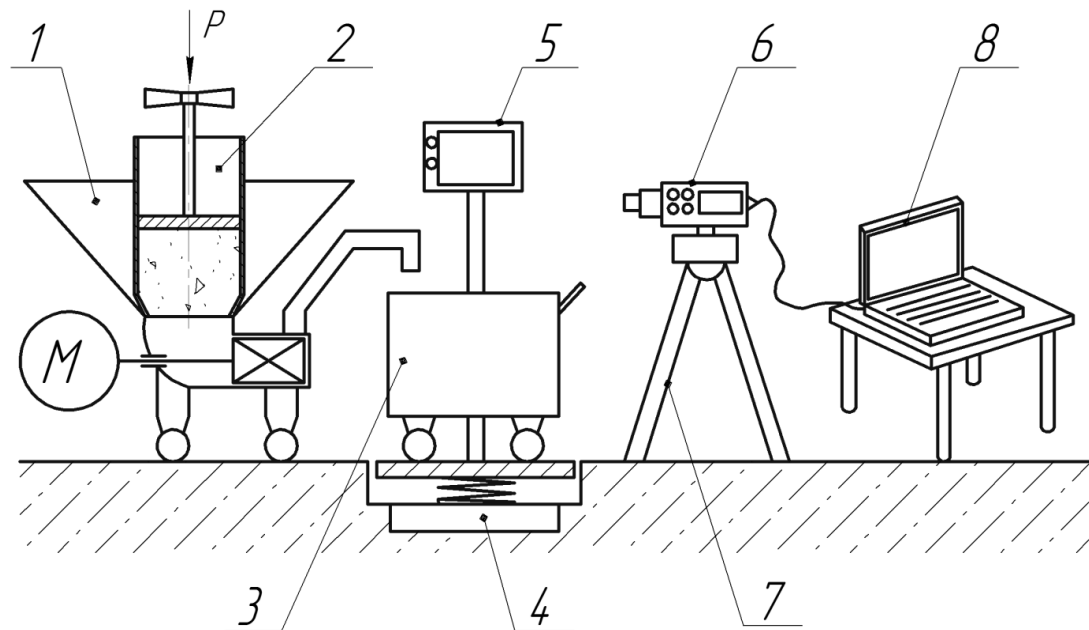


Рис. 2.8. Комплект оснащення для експериментального дослідження впливу швидкості подачі сировини до різального вузла емульситатора на ефективність його роботи: 1 - емульситатор; 2 - поршневий нагнітач; 3 - приймальна ємкість (напільний візок); 4 - напільні ваги; 5 - табло вагів; 6 - відеокамера; 7 - штатив; 8 - персональний комп'ютер

Після цього досліджувались показники якості отриманої м'ясної емульсії та готових ковбасних виробів, виготовлених з неї.

### 2.2.3 Методики дослідження гідродинаміки сировини та напружено-деформованого стану робочих органів чисельними методами

Для визначення характеристик гідродинаміки руху сировини в робочих зонах машин виконувалося [105, 108, 269, 288, 361] чисельне моделювання руху сировини в середовищі програмних комплексів FlowVision та SolidWorks FlowSimulation (рис. 2.9-2.14).

Дані програмні комплекси призначені для моделювання в тривимірному просторі руху рідин та газів у природних і технічних об'єктах, а також для візуалізації параметрів даного руху методами комп'ютерної графіки. Рух плинного середовища може бути: стаціонарним та нестаціонарним (що змінюються із часом). Плинні середовища можуть бути стискуваними, слабостискуваними або нестискуваними. Комплекси використовують кінцево-об'ємні методи розв'язання диференційних рівнянь гідродинаміки та прямокутну адаптивну сітку із локальними подрібненнями. Для апроксимації складно контурної геометрії з високою точністю застосовується технологія підсіткового розділення геометрії.

Процес моделювання параметрів руху рідини здійснювався в декілька етапів:

1) генерування розрахункової області («геометрії» об'єкта, що досліджується) в САПР (пакети КОМПАС 3DV10, SolidWorks 2017) та імпорт створеного об'єкта в форматі STL у FlowVision або автоматичний імпорт моделі в середовищі SolidWorks;

2) завдання типу математичної моделі (нестислива рідина ламінарний чи турбулентний потік; неньютоніська рідина тощо);

3) завдання граничних умов (напрямок потоку рідини та геометрія обмежувальних поверхонь);

4) завдання кінематичних характеристик робочих органів та фізико-механічних параметрів м'ясної сировини (частота обертання та лінійна швидкість руху робочих поверхонь ножа, частота обертання шнека, густина та в'язкість рідини тощо);

5) завдання параметрів розрахункової сітки (застосовувалися сітки з різними рівнями локального подрібнення в зонах контактів поверхонь робочого органу з сировиною);

6) завдання характеристик методів розрахунку (кількості ітерацій – 2000, точності – 0,01, для полів швидкості застосовувався другий порядок точності, для полів тиску застосовувався метод CGM);



- 7) виконання розрахунків;
- 8) представлення отриманих результатів в графічному вигляді (візуалізація) і збереження матеріалів у файлах.

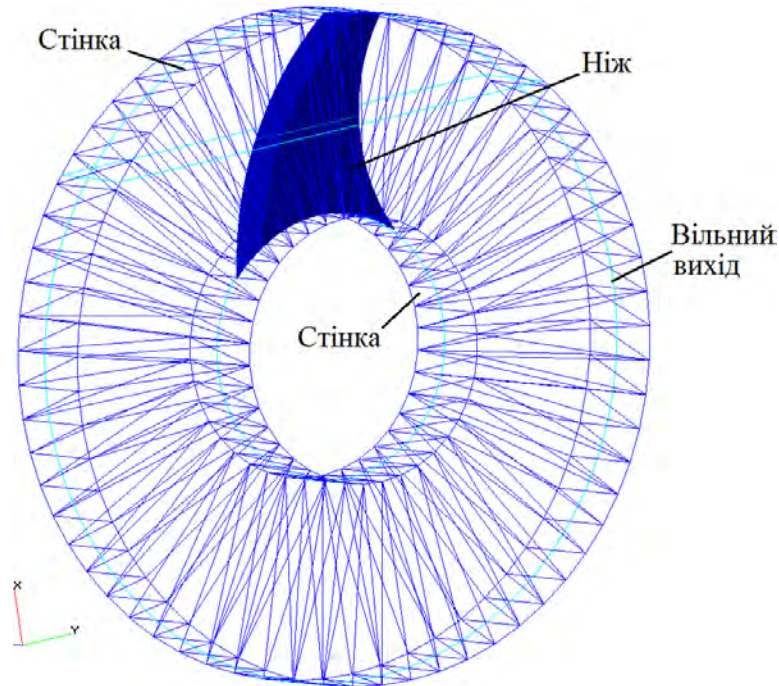


Рис. 2.9. Область розрахунку при моделюванні адгезійної взаємодії ножа кутера із сировиною

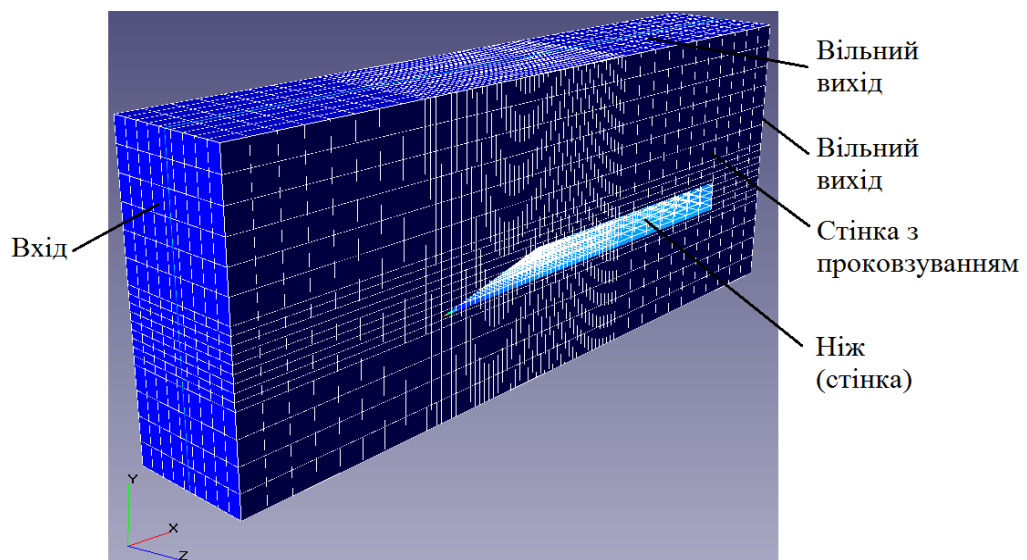


Рис. 2.10. Область розрахунку при моделюванні обтікання ножа кутера сировиною

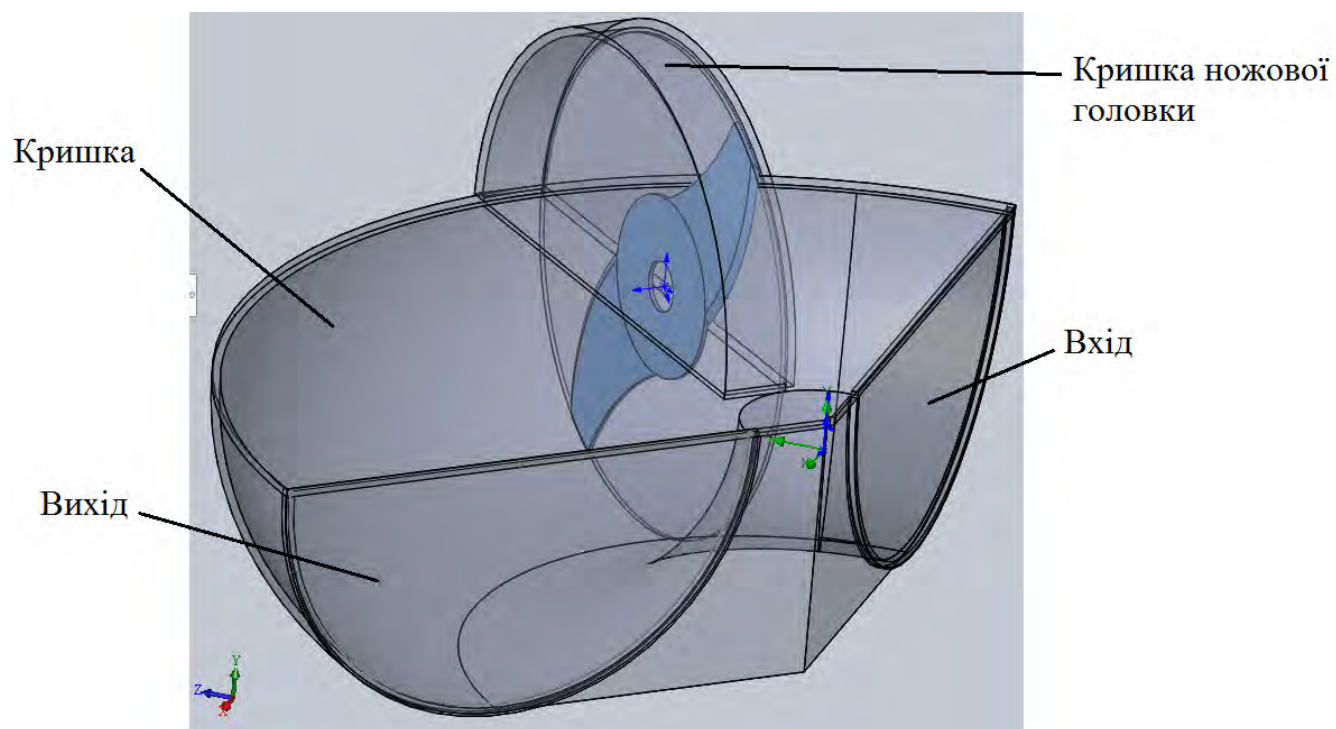


Рис. 2.11. Область розрахунку при моделюванні руху сировини після ножової головки кутера

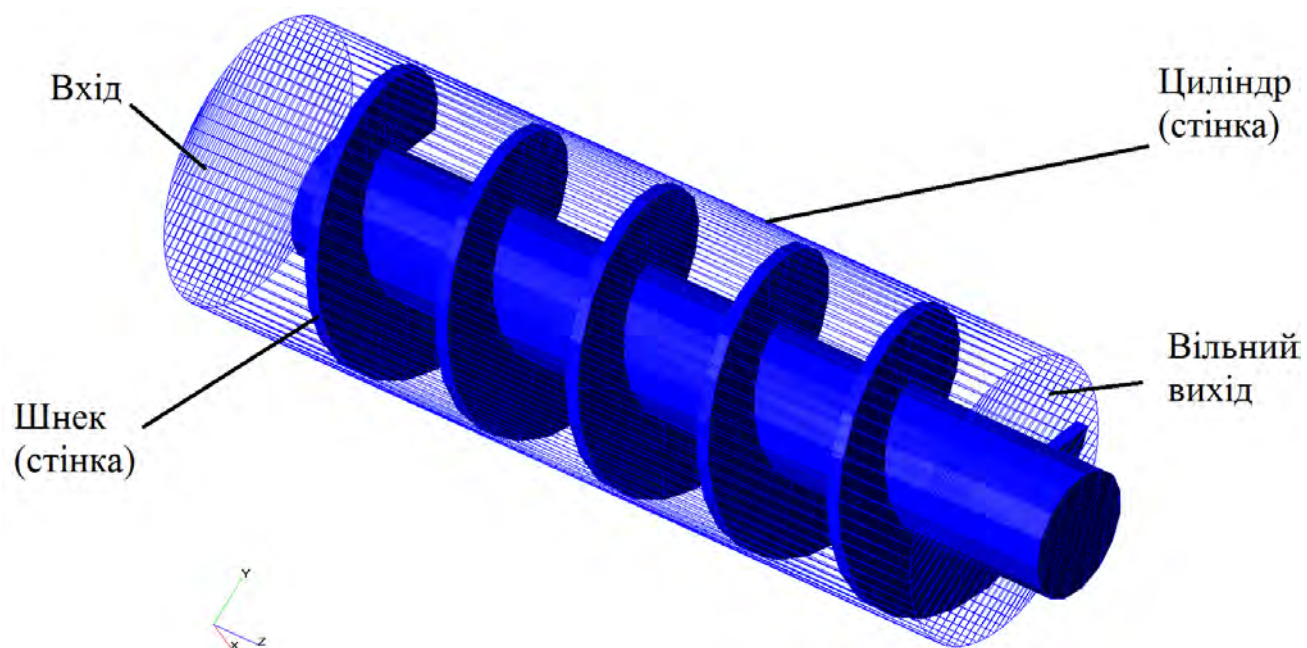


Рис. 2.12. Область розрахунку при моделюванні подачі сировини шнеком вовчка

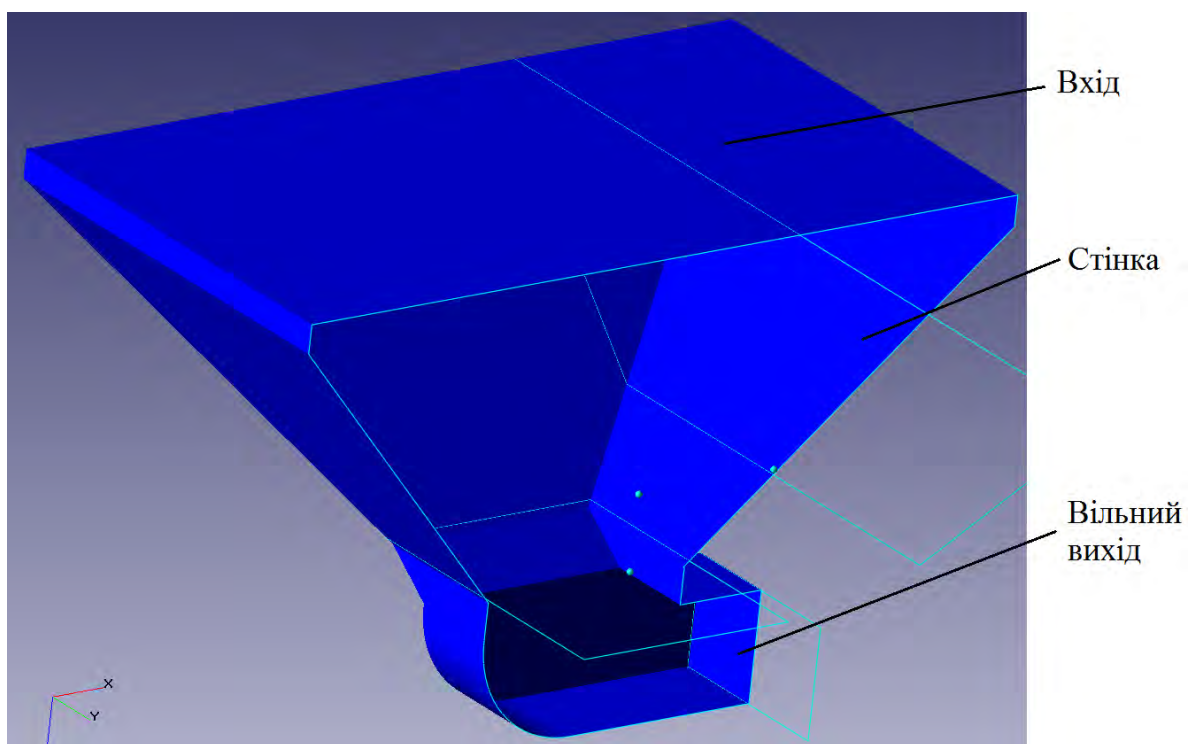


Рис. 2.13. Область розрахунку при моделюванні руху сировини в бункері емульсатора

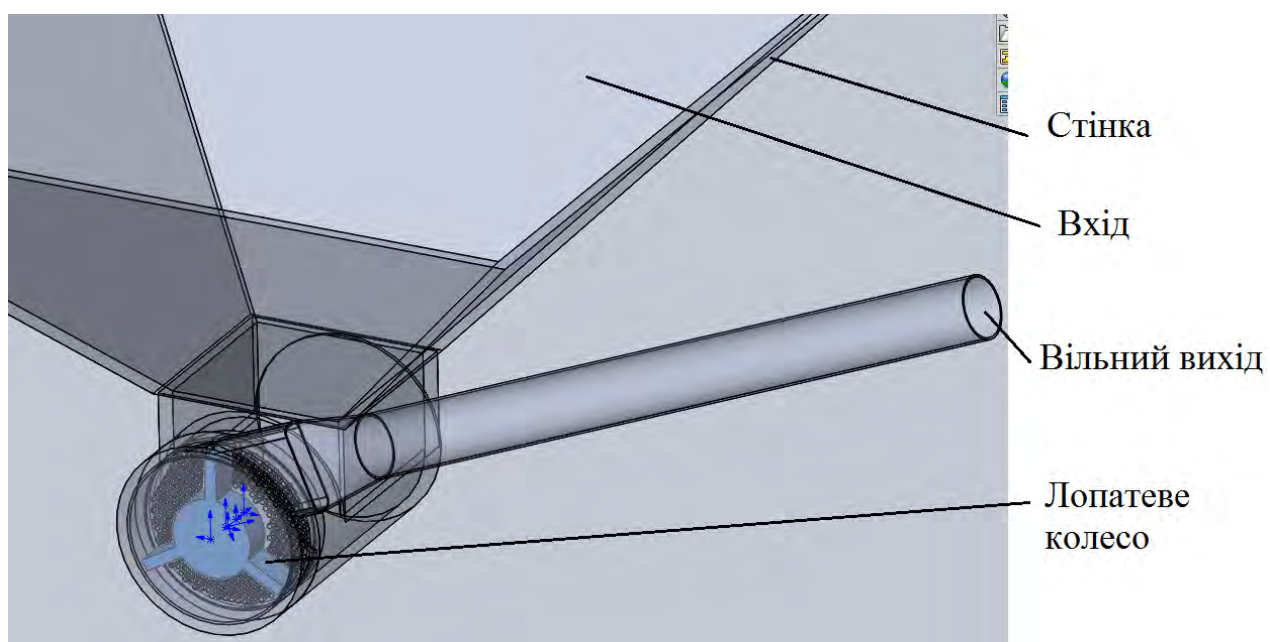


Рис. 2.14. Область розрахунку при моделюванні вивантаження сировини з емульсатора

Була застосована тривимірна модель ламінарного руху нестисливої в'язкої рідини, що ґрунтується на використанні рівнянь Нав'є-Стокса та суцільності середовища:

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + \left( \vec{v} \cdot \nabla \right) \vec{v} = \frac{1}{\rho_p} \nabla p + \frac{1}{\rho_p} \nabla \left( \mu \Delta \vec{v} \right) + \vec{S}$$

$$\operatorname{div} \vec{v} = 0$$

де  $\vec{v}$  – векторне поле швидкостей;  $t$  – час;  $p$  – тиск;  $\rho_p$  – густина рідини;

$\mu$  – динамічна в'язкість;  $\vec{S}$  – масові сили.

Граничні умови було задано таким чином (у термінах FlowVision):

- на вході в область розрахунку – вхід, нормальна швидкість –  $v_n|_{\epsilon p} = v_0$ ;
- бокова межа області розрахунку – вільний вихід –  $p|_{\epsilon p} = 0$ ,  $v|_{\epsilon p} = v_\tau|_{\epsilon p}$  при  $(\vec{v}, \vec{n}) > 0$ ,  $\nabla(v_i, \vec{n})|_{\epsilon p} = 0$  при  $(\vec{v}, \vec{n}) \leq 0$ ;
- поверхня робочого органу – стінка, логарифмічний закон, що враховує значення пісочної шорсткості в мкм,  $v_n|_{\epsilon p} = 0$ ,  $\tau|_{\epsilon p} = \mu \frac{\partial v}{\partial y}|_{v=0}$ ;
- поверхня робочої зони – стінка, логарифмічний закон, що враховує значення пісочної шорсткості в мкм,  $v_n|_{\epsilon p} = 0$ ,  $\tau|_{\epsilon p} = \mu \frac{\partial v}{\partial y}|_{v=0}$ ;

Тут  $v_n, v_\tau$  – нормальна і тангенціальна складові вектора швидкості,  $v_i, i=1,2,3$  – проекції вектора швидкості на осі координат,  $\vec{n}$  – вектор нормалі до границі.

Для моделювання і оцінки напружено-деформованого стану та частот власних коливань відомих і розроблених конструкцій ПІ машин для подрібнення м'ясної сировини використовувався програмний комплекс SolidWorks, зокрема, його модуль Simulation. SolidWorks Simulation – це інтегроване з SolidWorks CAD середовище скінченно-елементних розрахунків.

Програмний комплекс SolidWorks Simulation призначений для математичного моделювання різноманітних типів фізичних явищ. Його модулі мають змогу виконувати розрахунки напружено-деформованого стану об'єктів

під дією прикладених до них постійних у часі сил, під дією ударного навантаження, проводити частотний аналіз, аналіз витривалості тощо.

Моделювання напружено-деформованого стану РІ машин для подрібнення м'ясної сировини виконувалося [104, 261, 269, 270, 272] за такими етапами:

- 1) створення тривимірних моделей об'єктів, що досліджуються (побудова в SolidWorks 3D-моделей РІ, які найбільш часто використовуються на практиці);
- 2) задавання фізико-механічних характеристик марки матеріалу моделі;
- 3) задавання елементів розрахункової сітки (тетраедри; розмір сітки – відносний, 0,05; радіус покращення сітки – 5; рівень згладжування поверхневої сітки – 3);
- 4) задавання закріплення моделі;
- 5) задавання типу навантажень та їх значень;
- 6) проведення розрахунків в автоматичному режимі;
- 7) збереження та аналіз отриманих результатів.

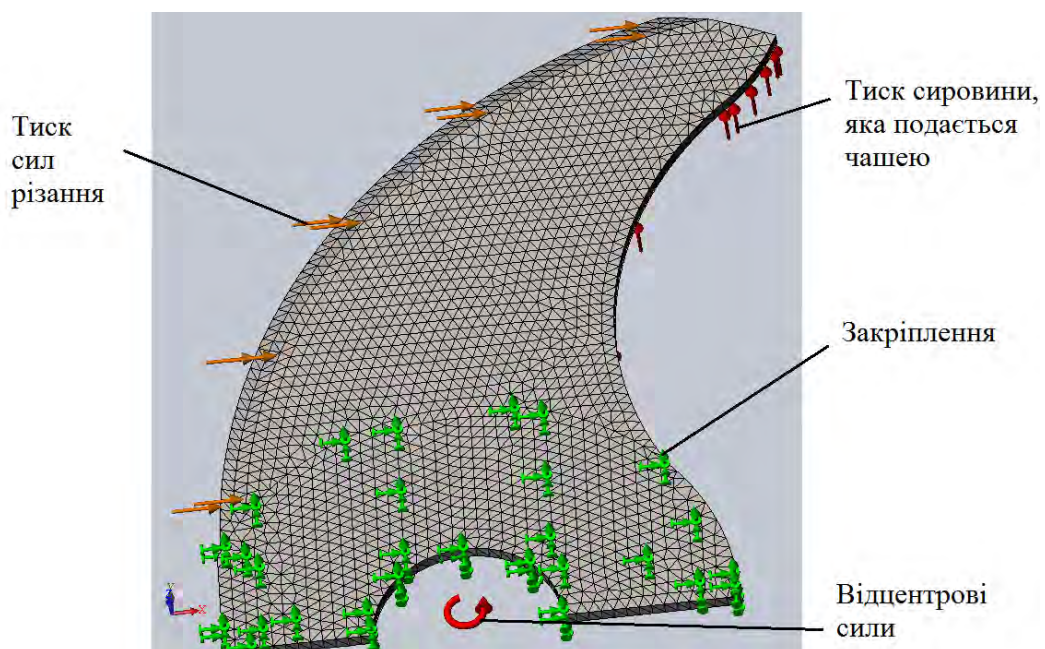


Рис. 2.15. Постановка задачі при дослідженні статичної міцності, витривалості та вібраційної стійкості ножів кутера

Тривимірні схеми постановки задач для моделювання напружено-деформованого стану РІ машин для подрібнення м'ясної сировини представлені на рис. 2.15-2.17.

Деформований стан у точці тіла, яке деформується, описується симетричним тензором деформацій:

$$\varepsilon = \begin{bmatrix} \varepsilon_x & \frac{1}{2}\gamma_{xy} & \frac{1}{2}\gamma_{zx} \\ \frac{1}{2}\gamma_{yx} & \varepsilon_y & \frac{1}{2}\gamma_{zy} \\ \frac{1}{2}\gamma_{xz} & \frac{1}{2}\gamma_{yz} & \varepsilon_z \end{bmatrix},$$

де  $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z$  – поздовжні відносні деформації;

$\gamma_{xz} = \gamma_{zx}, \gamma_{xy} = \gamma_{yx}, \gamma_{zy} = \gamma_{yz}$  – кутові деформації.

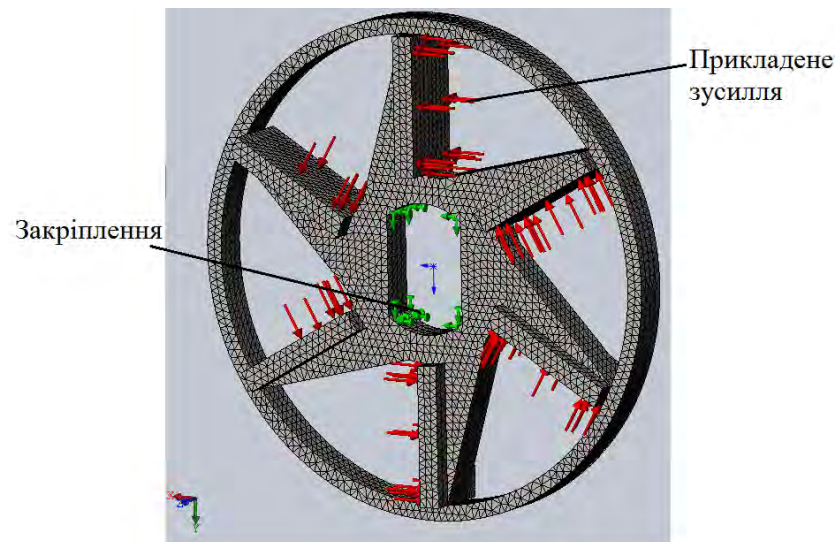


Рис. 2.16. Постановка задачі при дослідженні статичної міцності ножів вовчка

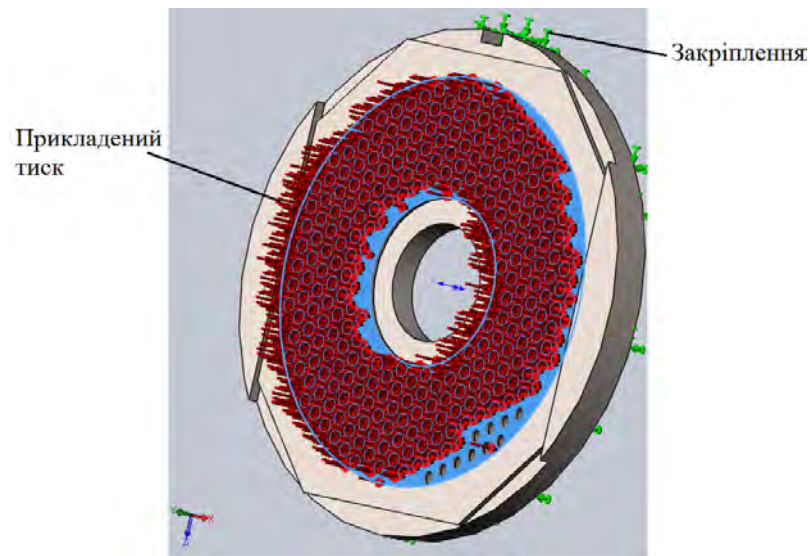


Рис. 2.17. Постановка задачі при дослідженні статичної міцності перфорованих решіток вовчка і емульситатора

Множина дев'яти складових напружень (три на кожній із взаємно-перпендикулярних площин) представляє тензор напружень у конкретній точці. Тензор деформацій має вигляд симетричної матриці:

$$\sigma = \begin{bmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & \sigma_y & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & \sigma_z \end{bmatrix},$$

де  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$ ,  $\sigma_z$  – поздовжні відносні деформації;

$\tau_{xz} = \tau_{zx}$ ,  $\tau_{xy} = \tau_{yx}$ ,  $\tau_{zy} = \tau_{yz}$  – кутові деформації.

Тензор деформацій як і тензор напружень, має властивість симетрії:  $\tau_{xz} = \tau_{zx}$ ,  $\tau_{xy} = \tau_{yx}$ ,  $\tau_{zy} = \tau_{yz}$ . Таким чином дотичні напруження, які спрямовані по двох взаємно-перпендикулярних площинах у напрямках, які ортогональні грані, яка створена пересіченням даних площин, є рівними за величиною. Із урахуванням наведених властивостей із дев'яти складових тензора напружень виявляються незалежними шість компонент.

Було використано поняття головних напружень ( $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$ ), які відповідають головним деформаціям, що пов'язані із складовими тензора напружень наступною формулою:

$$\sigma^3 - J_1 \cdot \sigma^2 + J_2 \cdot \sigma - J_3 = 0, \quad (2.15)$$

$$\text{де } J_1 = \sigma_x + \sigma_y + \sigma_z; J_2 = \begin{vmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} \\ \tau_{yx} & \sigma_y \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} \sigma_x & \tau_{xz} \\ \tau_{zx} & \sigma_z \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} \sigma_y & \tau_{yz} \\ \tau_{zy} & \sigma_z \end{vmatrix}; J_3 = \begin{bmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & \sigma_y & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & \sigma_z \end{bmatrix},$$

Розв'язок даного кубічного рівняння (2.15) налічує три корені  $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ , які мають вигляд  $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$ .

При розрахунках статичної міцності встановлене значення величини напруження в точці порівнюється із значенням, яке є максимально допустимим. Відповідно умова міцності отримає вигляд:  $\sigma_{екв} \leq [\sigma]$ , де  $\sigma_{екв}$  – еквівалентне напруження;  $\sigma$  – гранично допустиме напруження.

Граничний стан напружень в матеріалі визначається за четвертою теорією міцності, яка є гіпотезою про те, що причиною виникнення критичного стану є значення питомої потенційної енергії деформації:

$$\sigma_{екв}^{IV} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{xz}^2)} \leq [\sigma].$$

## 2.2.4 Методики визначення структурно-механічних характеристик сировини, та органолептичних властивостей напівфабрикатів і готової продукції

Визначення величин напруження зрізу та модуля осьового стискання, напруження стандартної пенетрації поширених видів м'ясної сировини, що переробляється у вовчках, кутерах і емульситаторах, а також готової продукції, виготовленої з такої сировини, проводилось [111, 233] з використанням електромеханічної універсальної випробувальної машини СМТ 2503 виробництва Shenzhen SANS Testing Machine Co (КНР) (рис.2.18, 2.19). Електромеханічна універсальна випробувальна установка SANS СМТ2503 призначена для вимірювання міцності та структурно-механічних властивостей широкого спектру матеріалів.



Комплектація змінними високоточними датчиками навантаження забезпечує можливість виконувати вимірювання у широкому діапазоні навантажень від 5 Н до 5 кН. Універсальна випробувальна установка складається з таких основних вузлів: станина, навантажувальна рама, траверса, змінні датчики навантаження та пристрій для встановлення зразків, що досліджуються. Установка укомплектована електронним блоком калібрування силовимірювача, підсилювачем датчика навантаження, електронними блоками керування рухом траверси та діаграмною стрічкою самописця.

В установці SANS CMT 2503 реалізовано [111, 233] принцип замкненої цифрової системи керування та вимірювання із використанням персонального комп'ютера, на дисплей якого виводиться інформація в графічному чи цифровому форматі.. Керування процесом вимірювання виконує спальне програмне забезпечення, яке надається розробником установки. Параметри процесу вимірювання відображаються на дисплеї в режимі реального часу Результати вимірювань зберігаються та обробляються автоматично, при цьому забезпечується можливість відкриття та порівнювання. Максимальне зусилля, яке забезпечує SANS CMT 2503, становить 5 кН.

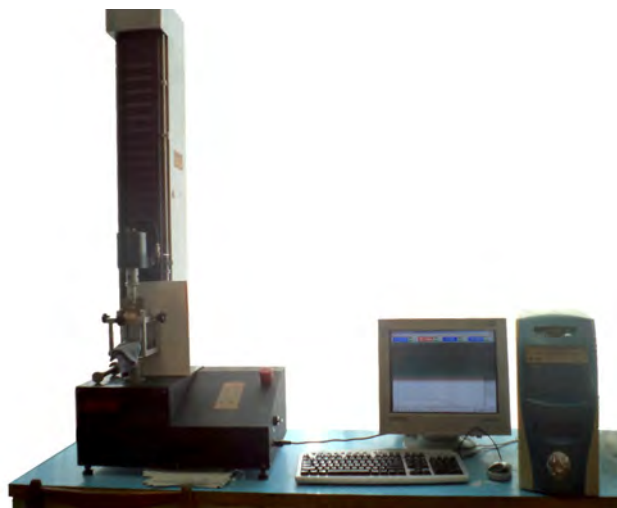


Рис. 2.18. Загальний вигляд універсальної випробувальної машини SANS CMT 2503 (КНР)

При виконанні вимірювань використовувалися [111, 233] такі насадки з інденторами: індентор циліндричний – для вимірювання модуля осьового стискання  $E$ ; індентор конічний – для вимірювання напруження стандартної пенетрації  $\Theta_0$ ; індентор – ніж з кутовим вирізом – для вимірювання напруження зрізу  $\Theta_{зр}$ .

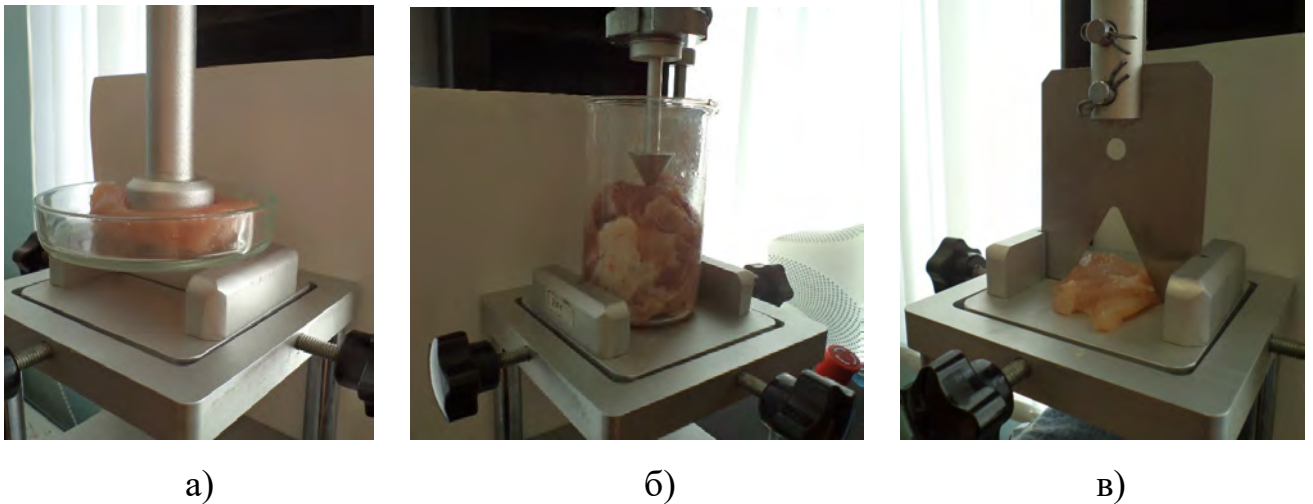


Рис. 2.19. Індентори випробувальної машини SANS CMT 2503: а) - індентор циліндричний (досліджується яловичина); б) - індентор конічний (досліджується свинина); в) - ніж з кутовим вирізом універсальної (досліджується м'ясо курки)

В якості сировини використовувалися свинина нежирна, яловичина І гатунку, та курятина (філе) за температури  $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

При дослідженнях використовувалися зразки сировини стандартизованих розмірів. Швидкість руху індентора становила  $1,67 \cdot 10^{-4}$  м/с при вимірюванні  $E$  та  $3,33 \cdot 10^{-4}$  м/с при вимірюванні  $\Theta_0$  і  $\Theta_{зр}$ .

Модуль осьового стискання, Па розраховувався за формулою:

$$E = \frac{P}{S_0} \cdot \frac{h_0}{h_1}, \quad (2.16)$$

де  $P$  – зусилля стискання, Н (вимірюється на прямолінійній ділянці графіка «навантаження-деформація»);  $S_0$  – початкова площа перерізу зразка,  $\text{м}^2$ ;  $h_0$  – початкова висота зразка, м;  $h_1$  – висота зразка після стискання, м;

Напруження стандартної пенетрації, Па розраховувалося за рівнянням П.О. Ребіндера:

$$\Theta_0 = k_\alpha \cdot \frac{P}{h^2}, \quad (2.17)$$

де  $P$  – зусилля penetрації,  $H$  (вимірюється на прямолінійній ділянці графіка «навантаження-деформація»);  $h$  – величина заглиблення конуса, м;  
 $k_\alpha$  – константа конуса (при  $\alpha = 60^\circ$   $k_\alpha = 0,214$ ).

Напруження зрізу,  $\text{Па}$  розраховувалося за рівнянням:

$$\Theta_{зр} = \frac{P}{S}, \quad (2.18)$$

де  $P$  – зусилля зрізу,  $\text{Н}$ ;  $S$  – площа зрізу,  $\text{м}^2$ .

Оцінка якості обробки сировини надавалася за порівнянням вимірних величин температури сировини до та після подрібнення, значеннями фізико-механічних характеристик сировини після подрібнення, методиками органолептичного оцінювання відповідності готових ковбасних виробів нормам документації.

Комплекс фізико-механічних властивостей подрібненого фаршу визначався за такими показниками: пружність, когезія, твердість, та розжовуваність. При цьому застосовувалася універсальна випробувальна установка SANS CMT 2503. Програмне забезпечення установки забезпечує реалізацію спеціальних алгоритмів стискання та розвантаження об'єкта дослідження, при якому найбільш точно вимірюються названі показники.

Адгезія (липкість) фаршів ковбаси "Лікарська" та сосисок "Свинячі" вимірювалась [231] методом нормального відриву. Застосовувався пристрій для вимірювання адгезії, побудований на базі важільних вагів (рис. 2.20).

На праву сторону рівноплечого коромисла було підвішена сережка зі шалькою на іншу сторону сережка з досліджуваною пластинкою, яка вступала в попередній контакт з сировиною (товщина шару фаршу складала  $1 \cdot 10^{-3}$  м, температура  $t = 7-8$  °С) під дією тиску  $2000$  Па на протязі  $60$  с. Потім шальку навантажували сипучим матеріалом і фіксували вагу в момент відриву пластинки. Вага контрольного вантажу вимірювалась електронними вагами Zelmer з ціною поділки  $1$  г.

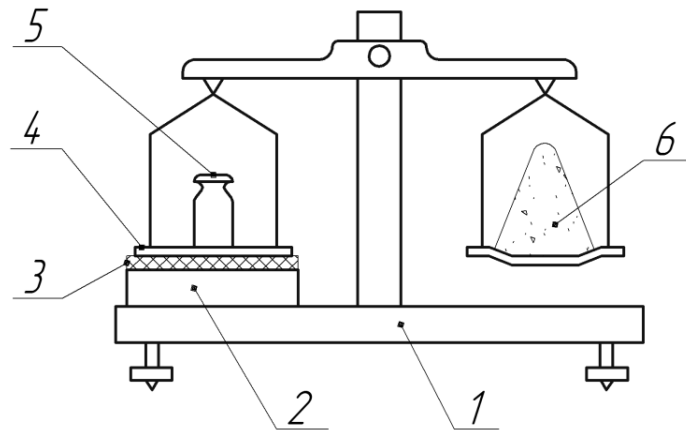


Рис. 2.20.Схема пристрою для вимірювання адгезії: 1 - ваги; 2 - ємкість із сировиною; 3 - шар сировини; 4 - пластина з досліджуваного матеріалу; 5 - вантаж, який створює тиск на пластину; 6 - контрольний вантаж

Використовувалось 7 пластинок з площею поверхні  $0,01\text{м}^2$  кожна, виготовлених з різних матеріалів, а саме: сталі Ст3; корозійностійкої сталі марки AISI 304; титанового сплаву ВТ1-0; корозійностійкої сталі 40Х13; алюмінієвого сплаву марки АМГ3; міді марки М1Т та фторопласту-4.

Фарш був попередньо подрібнений на кутері. Адгезія визначалась, як питома сила нормального відриву від продукту за виразом:

$$p_0 = \frac{P_0}{S_0} = \frac{9.81m}{S_0}, \text{ Па} \quad (2.19)$$

де  $P_0$  – зусилля нормального відриву, Н;  $S_0$  – площа перерізу досліджуваної пластинки,  $\text{м}^2$ ;  $m$  – маса вантажу, кг.

Органолептичні показники готових ковбасних виробів визначалися за методикою наведеною в ДСТУ 4823.1:2007 "Продукти м'ясні. Органолептичне оцінювання показників якості. Частина 1. Терміни та визначення понять" та ДСТУ 4823.2:2007 "Продукти м'ясні. Органолептичне оцінювання показників якості. Частина 2. Загальні вимоги".

Сутність методики полягала у такому. Створювалася дегустаційна комісія, в складі п'яти експертів, зі штатних висококваліфікованих співробітників м'ясопереробного підприємства. Дегустація зразків виконувалася за 5-бальною шкалою. Експертам комісії анонімно подавали кодовані зразки досліджуваного продукту. Після процедури дегустації в довільному порядку експерти надавали оцінку органолептичним властивостям зразків. Результати експертного оцінювання органолептичних властивостей ковбас аналізувалися з використанням процедур розрахунку середніх величин.

Характеристики готового продукту визначалися на розрізаних та нерозрізаних зразках. Оцінювалися такі показники якості цілого продукту: зовнішній вигляд, колір і стан поверхні, запах (аромат), консистенція. Оцінювалися такі показники якості розрізаного продукту: колір, вид і рисунок на розрізі, структура і розподіл інгредієнтів, запах (аромат), соковитість, смак, щільність, ніжність, рихлість, крихкість, жорсткість, пружність, однорідність маси.

Органолептичні показники продукту визначалися за п'ятибальною шкалою (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2

## Шкала оцінювання органолептичних показників продукту

Параметр	Оцінка
Повна відповідність вимогам	5
Незначні невідповідності	4
Помітні невідповідності	3
Явні невідповідності	2
Виражені (грубі) невідповідності	1
Продукт не підлягає оцінюванню	0

По кожному органолептичному показнику підраховувалась сума для кожної проби, розраховувалися середні бали за показниками і загальна оцінка проби як сума середніх балів за показниками.

Оцінювання ковбасних виробів за 5-бальною шкалою з урахуванням коефіцієнтів вагомості органолептичних показників проводилося наступним чином (таблиця 2.3). Якщо невідповідностей за органолептичними показниками не виявлено (оцінка 5), коефіцієнт вагомості множився на 5. У разі встановлення невідповідності коефіцієнт вагомості множився на найменший (найгірший) бал, якщо таких невідповідностей кілька. Отримані за кожним показником бали підсумовувались і ділились на 10.

Таблиця 2.3

Коефіцієнти вагомості органолептичних показників

Органолептичний показник	Значення коефіцієнта вагомості
Зовнішній вигляд	1
Консистенція	2
Вигляд і колір продукту на розрізі, рецептурний склад	3
Запах і смак продукту	4

Загальна оцінка рівня якості наданих зразків продукту з врахуванням в балах коефіцієнтів вагомості кожного окремого органолептичного показника розраховувалася за рівнянням:

$$Q_{\text{якості}} = \frac{\sum(K \cdot B)}{10} \quad (2.20)$$

де К– коефіцієнт вагомості кожного окремого органолептичного показника;

Б – оцінка кожного показника, бал;

10 – загальна сума числових значень коефіцієнтів вагомості органолептичних показників.

### **2.2.5 Методика досліджень теплового стану сировини та елементів конструкції обладнання на різних етапах процесу обробки**

Температура сировини до та після обробки визначалась за допомогою цифрового термометра моделі RST 07841. Дана модель вимірює температуру в

діапазоні  $-50..+300^{\circ}\text{C}$ , з точністю  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ . Температура вхідної сировини в бункері машини та температура готового фаршу після подрібнення вимрювались методом занурення щупа термометра (довжина щупа–210 мм, діаметр – 4 мм) в досліджуваний матеріал на глибину 15-20 мм.

Також використовувались штатні електричні термометри , які встановлені в чашах кутерів та в бункері і на виході з РВ емульситатора.

Термографія поверхні сировини та елементів обладнання в процесі обробки здійснювалась за допомогою цифрового тепловізора, персонального комп'ютеру та відповідного програмного забезпечення.

Тепловізор ULIRvision TI384 (інфрачервона камера) - оптикоелектронний прилад, який працює в інфрачервоній області електромагнітного спектру. Високочуттєва неохолоджуєма матриця тепловізора TI384, із роздільною здатністю 384x288 пікселів, дозволяє отримати чітке ІЧ-зображення і точні показники температури різних об'єктів живої і неживої природи.

Технічні характеристики тепловізора TI-384 наступні. Тип детектора–не охолоджуваний мікроболометр FPA. Роздільна здатність матриці - 384x288 пікселів. Розмір пікселів - 25 мкм. Спектральний діапазон - 8-14мкм. Стандартний об'єктив -  $21^{\circ} \times 15^{\circ} / f - 0,15 \text{ м}$ . Чутливість  $-0,1^{\circ}\text{C}$  при  $30^{\circ}\text{C}$ . Частота зміни кадрів - 50 Гц. Діапазон вимірів - від  $-20^{\circ}\text{C}$  до  $+120^{\circ}\text{C}$ . Точність вимірювань -  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  або  $\pm 2\%$ . Функції вимірювання і відображення - 4 точки-курсора, 3 області захоплення макс./мін./середн. температури. Лінійний і ізотермічний аналіз. Голосові коментарі - диктофон, 40 коментарів до кожного зображення.

Спеціалізоване програмне забезпечення IRSee дозволяє проводити кількісне вимірювання температури в будь-якій точці цифрового фотознімку, виконаного теплові зором ULIRvision TI384.

## **2.3. Методики і обладнання для дослідження мікрогеометричних і механічних характеристик та величини зношування робочих органів кутерів, вовчків і емульситаторів**

### **2.3.1 Методика і обладнання для дослідження втомної міцності ножів кутера**

Дослідження втомної міцності ножів кутера проводилось відповідно до ДСТУ 2546-94 "Розрахунки та випробування на міцність. Методи випробувань на втому металевих матеріалів в умовах багатоциклового навантаження".

З цією метою використовувалась [242, 243, 245] вібраційна електродинамічна установка ВЭДС-200А. Установка вібраційна електродинамічна ВЭДС-200А, призначена для випробування виробів на віброміцність і вібростійкість в лабораторних і виробничих умовах. Технічні характеристики наступні: сила, яка штовхає - 2000Н, діапазон частот 5-5000 Гц, віброприскорення без навантаження - 392 м/с<sup>2</sup>, віброприскорення з максимальним навантаженням - 39 м/с<sup>2</sup>, максимальна маса випробовуваних виробів - 45кг, максимальна амплітуда вібропереміщення - 12,5 мм, споживана потужність - 5 кВт, охолодження - повітряне.

Дослідні зразки виготовлялись у вигляді пластин товщиною 5 мм (рис. Б.3) зі сталі 65Г, яка найчастіше використовується при виготовленні вітчизняних ножів кутера. Зразки мали відповідну термічну обробку та якість поверхні.

За отриманими результатами будувалась крива втоми (крива Веллера). Використовувалась апроксимація методом найменших квадратів.

### **2.3.2 Методики і обладнання для визначення шорсткості поверхні, твердості та ударної в'язкості різального інструменту машин**

Для вимірювання шорсткості поверхонь різального інструменту та дослідних зразків використовувався профілометр TIME 3221. Його принцип дії базується на русі індукційного контактного датчика вздовж поверхні, параметри якої вимірюються.

Прилад забезпечує вимірювання 40 параметрів профілю, в тому числі Ra, Rt, Rp, Rv, Rz, Rc, Rq, Rsk, Rku, RPs тощо (досліджувався параметр Ra.) Діапазон вимірювання голки датчика - 400 мкм. Радіус вимірювального пера - 5 мкм. Матеріал вимірювального пера приладу - діамантова голка, вимірювальне зусилля - 4 мН. Максимальна довжина прохода - 19 мм. Довжина оцінки - 0,08 мм, 0,25



мм, 0,8 мм, 2,5 мм. Точність вимірювань -  $\pm 10\%$ . Результати вимірів зберігаються в пам'яті прикладу, а також можуть бути передані до персонального комп'ютеру за допомогою USB-з'єднання.

Твердість різального інструменту та дослідних зразків вимірювалась (за допомогою твердоміру ТК-2М (за шкалою Роквелу).

Ударна в'язкість дослідних зразків вимірювалась за допомогою маятничого копра МК-30А. Методика вимірювання ударної в'язкості відповідала ДСТУ ISO 9016:2008 "Випробування зварних з'єднань, металевих матеріалів руйнівні. Випробування на ударний згин. Розташування зразка для випробування, надрізу на зразках, протокол випробування".

Були виготовлені зразки типу V. Повторюваність складала 1 зразків одного типу. Відмічалось значення енергії маятника у вихідному  $h_0$  та у кінцевому  $h_1$  положеннях. Після цього визначалась різниця енергій:

$$W = Q(h_1 - h_0), \quad (2.21)$$

де  $Q$  - вага маятника.

Значення ударної в'язкості вираховувалось так:

$$a = \frac{W}{A} \quad (2.22)$$

де  $A$  - площа ослабленого перерізу дослідного зразка.

### **2.3.3 Методика і обладнання для визначення величини зношування робочих органів машин**

Визначення величини зношування різальних крайків різального інструменту машин виконувалося [260] після заданого часу їх роботи.

Оцінка величини зношування кромки виконувалася шляхом вимірювання їх радіусів закруглення методом контрольних відбитків. Після заточування ножа або решітки та після встановленого часу роботи машини проводилось зняття відбитків лез на свинцевих шайбах. Радіус закруглення кожного леза ножа вовчка визначався з обох сторін у точках, віддалених від кінця леза на 20 мм (рис. 2.21).

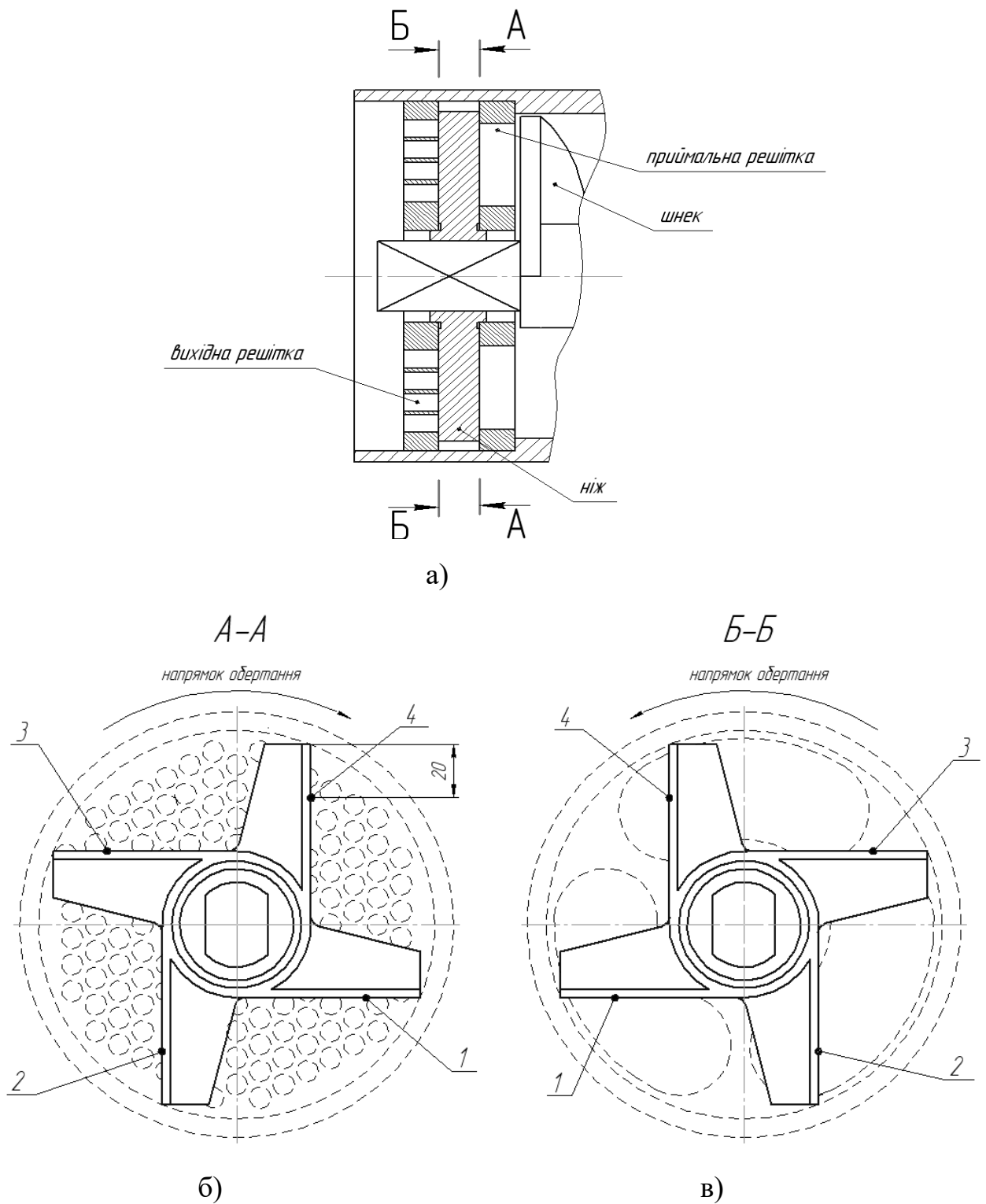


Рис. 2.21. Схема розміщення точок вимірювання радіусів закруглення різальних крайків лез ножа: а) – конструктивна схема різального вузла; б) – вигляд леза ножа зі сторони приймальної решітки; в) – вигляд леза ножа зі сторони вихідної решітки

При вимірюванні радіусів закруглення  $\rho$  різальних крайків використовувався оптичний мікроскоп МБС-9 (збільшення –  $\times 56$ , ціна поділки шкали – 0,0178 мм). Отримані цифрові фотографії відбитків на свинцевих шайбах оброблювались та аналізувались в середовищі САПР КОМПАС-3D V13. Після цього реєструвались кінцеві значення діаметрів  $i$ , відповідно, радіусів закруглення різальних крайків. Аналогічно проводилось вимірювання величини зношування  $i$  для лез ножа емульсатора.

Зношування різальних елементів під впливом роботи різання та під впливом осьового руху сировини через різальний вузол вовчка здійснювалось за допомогою пристрою, показаного на рис. 2.22

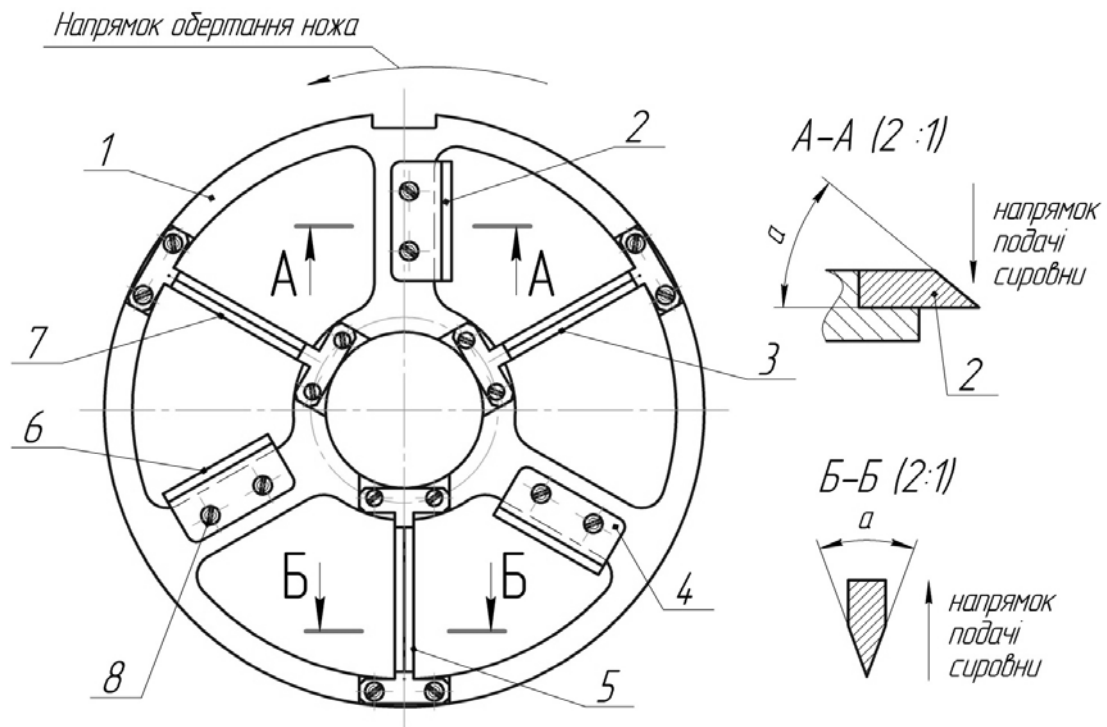


Рис. 2.22. Схема пристрою для роздільного визначення впливу процесу різання та процесу подачі сировини на загальне зношування різальних крайків різального інструменту вовчків: 1 – корпус; 2 – поперечне лезо з кутом загострення  $a=40^\circ$ ; 3 – фронтальне лезо з кутом загострення  $a=40^\circ$ ; 4 – поперечне лезо з кутом загострення  $a=60^\circ$ ; 5 – фронтальне лезо з кутом загострення  $a=60^\circ$ ; 6 – поперечне лезо з кутом загострення  $a=90^\circ$ ; 7 – фронтальне лезо з кутом загострення  $a=90^\circ$ ; 8- гвинт

Затуплення кожного леза ножів кутера визначалось в трьох точках (рис. 2.23): точці №1 – на найменшому радіусі обертання ножа; точці №2 – на середньому радіусі обертання ножа; точці №3 – на найбільшому радіусі обертання ножа.

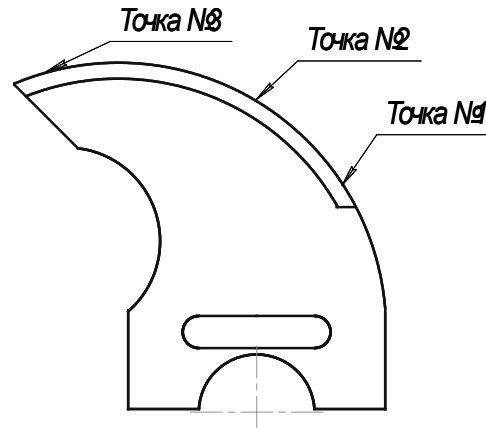


Рис. 2.23. Розташування точок вимірювання радіусу закруглення різального крайку ножа кутера

Зношування шнеків та робочих циліндрів вовчків проводилось за допомогою штангенциркуля (дискретність 0,02 мм) та нутроміра (точність 0,002 мм).

## 2.4 Технологічні методи підвищення працездатності різального інструменту машин

Досліджувався [242, 243, 245] вплив таких методів поверхневого зміцнення, як імпульсно-плазмове зміцнення, нанесення захисного зносостійкого покриття імпульсно-плазмовим методом та високочастотне механічне проковування.

Імпульсно-плазмове зміцнення та нанесення захисного зносостійкого покриття здійснювали на установці «ИМПУЛЬС» лабораторії Інституту електрозварювання ім. Е.О. Патона НАН України. Схема роботи установки показана на рис. 2.24. Конструкція та зовнішній вигляд установки «Імпульс 3/4» показано на рис. Б.1 Додатку Б.

Детонаційний плазмовий генератор складається з детонаційної камери 1, де здійснюється формування горючої газової суміші і ініціація її згорання в детонаційному режимі; коаксіальних електродів 2 і 3 та джерел живлення.

В процесі прискорення плазмового утворення бере участь газодинамічна і електромагнітна сили [192, 339]. В результаті детонації частково іонізовані продукти згорання потрапляють з детонаційної камери в міжелектродний зазор 5 і замикають R–L–C контур джерела живлення. Внаслідок цього відбувається розряд конденсаторної батареї.

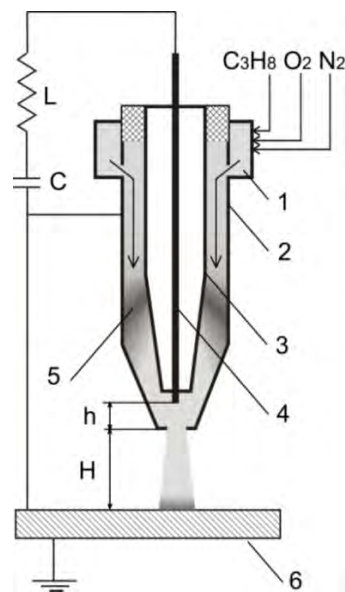


Рис. 2.24. Схема детонаційного генератору:

1 – детонаційна камера; 2,3 – коаксіальні електроди; 4 – електрод, що витрачається; 5 – між електродний зазор; 6 – оброблювальна поверхня

Між коаксіальними електродами 2 і 3 струм протікає по деякому електропровідному об'єму газу 5, ступінь іонізації якого збільшується. При протіканні струму по плазмі виділяється Джоулеве тепло, певна частка якого бере участь в процесі прискорення при розширенні нагрітого об'єму іонізованого газу. Це додатково підсилює газодинамічну складову сили. Під час протікання в міжелектродному зазорі 5, плазма викликає ерозію електроду 4, який приводить до насичення плазми легуючими елементами (W, Mo). Отриманий плазмовий струмінь діє на оброблювану поверхню 6. При взаємодії плазмового імпульсу з

поверхнею виробу електричний ланцюг між центральним електродом і поверхнею виробу б замикається. А в зоні контакту утворюється область ударно стисненого плазмового шару.

Тепловий потік в поверхню оброблюваного виробу регулюється параметрами R–L–C контуру джерела живлення, відстанню Н і поглиблення електроду 4. Поглиблення електроду 4, в основному, впливає на діаметр зони обробки, виконуючи тим самим роль фокусування. Це, у свою чергу, дозволяє регулювати щільність теплового потоку при однаковій енергії імпульсу. Максимальний тепловий потік в поверхневій шарі має місце, коли виріб є анодом, мінімальний – коли виріб ізольований. При імпульсно-плазмовій обробці ізольованого виробу відбувається зменшення теплового потоку.

В результаті імпульсної плазмової обробки відбувається швидкий нагрів (тривалість нагріву  $10^{-3} \dots 10^{-4}$  с) поверхневого шару металу з подальшим інтенсивним охолодженням його шляхом відведення тепла в об'єм металу. Висока швидкість нагріву і охолодження (до  $10^7$  К/с) сприяє фазовому наклепу, деформації поверхневого шару і, як наслідок, формуванню дрібнодисперсної кристалічної структури. Також є можливість введення в плазму легуючих елементів (С, N, W, Мо, Cr, Ti, V, Al та ін.) у вигляді парокрапельної фази від металевого електроду 4.

Режими імпульсного плазмового зміцнення визначаються діаметром «плями загартування», енергією випромінювання, розподіленням її по перетину струменя плазми, тривалістю імпульсу, кількістю імпульсів, теплофізичними властивостями сталі і станом оброблюваної поверхні.

В даному випадку зміцнення ножів проводилось і з використанням наступних режимів обробки: ємність конденсаторної батареї розрядного контуру  $C=800$  мкФ; напруга на обкладинках конденсаторної батареї  $U=3,2$  кВ; індуктивність розрядного контуру  $L=30$  мкФ; частота ініціювання імпульсів  $\nu=2,5$  Нз; матеріал електроду, що використовується – W. Дані режими були рекомендовані фахівцями Інституту електрозварювання ім. Є. О. Патона.

Зміцнення шляхом високочастотного механічного проковування [189] здійснювалось за допомогою установки PWI-IPM Інституту електрозварювання ім. Є. О. Патона (рис. Б.2).

Принцип дії установки PWI-IPM полягає у наданні за допомогою п'єзокерамічного перетворювача високочастотного коливального руху головці з бойками. (рис. Б.2, б, в). Бойки здійснюють поверхневу деформацію шарів металу (наклеп), що призводить до покращення механічних властивостей поверхневого шару оброблюваної деталі.

Установка PWI-IPM має наступні технічні характеристики: напруга мережі 220 В, споживана потужність 1,0 Вт, максимальна електрична потужність, що підводиться до інструменту 600 Вт, частота механічного резонансу  $20 \pm 0,5$  кГц, статичне зусилля притискання інструменту 20-50 Н, тип охолодження інструменту - повітряне, вага ультразвукового генератора 5,0 кг, вага ударного інструменту 3,0 кг. Режими обробки були рекомендовані фахівцями Інституту електрозварювання ім. Є. О. Патона.

## **2.5. Методологічний базис вирішення складних технічних задач при вдосконаленні машин**

Сучасна модель економіки вимагає інтенсивного вдосконалення технологічних процесів та обладнання, яке їх реалізує. Такий розвиток можливий лише при використанні новітніх наукових досягнень у відповідній галузі промисловості.

При цьому результатом прикладних наукових досліджень повинні бути не лише нові знання, а й конкретні пропозиції (в даному випадку – конкретні технічні рішення) щодо виконання актуальних науково-технічних завдань.

З цього, в свою чергу, випливає висновок про те, що генерування нових технічних рішень з вдосконалення техніки (в даному випадку вдосконалення машин для подрібнення м'ясної сировини), є задачею не лише інженерів-

конструкторів, а й науковців, які займаються прикладними науковими дослідженнями.

Вдосконалення технічної системи стає тим помітнішим, чим складніші технічні задачі були вирішені. Технічні задачі, які містять протиріччя, можна вважати найбільш складними, оскільки забезпечити одночасне виконання декількох протилежних вимог до одного і того самого елемента, не використовуючи при цьому спеціалізовані методики та підходи, не легко. Однак навіть при застосуванні відповідного методологічного інструментарію, включаючи теорію вирішення винахідницьких задач, не завжди вдається подолати технічні протиріччя (назвемо такі протиріччя «складними»).

Простоювання у розв'язку складних протиріч відбувається [103, 244, 351] не через відсутність спроб їх вирішення, а через відсутність нових знань, які б дозволили більш глибоко та вірно зрозуміти причини виникнення задачі та виявити нові залежності між її параметрами.

Означене показано на рис. 2.25. Тобто та науково-технічна інформація, якою користується і з якої виходить фахівець (науковець, інженер-конструктор) при вирішенні задачі, в багатьох випадках не вірно відображує об'єктивну реальність.

Це означає [107, 244, 350, 351], що існуючих знань про розглядуваний процес недостатньо, процес насправді відбувається певною мірою інакше, а тому звичні конструктивні рішення і не можуть бути ефективними.

Як відомо, утворення нових знань відбувається саме в результаті наукових досліджень процесів та явищ, що супроводжують роботу технічної системи (рис. 2.26).

Однак, наукові дослідження не відповідають на питання "Як виникла вдосконалена конструкція технічної системи?". Як видно з рис. 2.25 і 2.26, між питаннями, що вирішуються науковими дослідженнями, наявна чітка прогалина, яка як раз і відділяє відому конструкцію технічної системи від нової, вдосконаленої.





Рис. 2.25. Функціональні можливості теорії технічних систем та проблема, що супроводжує таке вирішення



Рис. 2.26. Функціональні можливості наукових досліджень та їх недолік з точки зору вдосконалення машин

Жоден з цих окремих методів розвитку техніки не дозволяє досягти рішення складних технічних протиріч. Як наочно видно з рис. 2.25 і 2.26 дані методи необхідно поєднати, оскільки вони здатні взаємодоповнити один одного і створити базу для вирішення найскладніших технічних задач.

Поєднання двох означених методів пропонується [103, 244, 351] визначати терміном "науково-винахідницький біном". Науково-винахідницький біном - це системне взаємоінтегроване поєднання наукових досліджень та методологічних засобів аналізу і вирішення технічних протиріч, яке спрямоване на вирішення складних технічних задач.

Таке взаємоінтегроване поєднання відкриває перспективу утворення синергії - непропорційно високого підвищення ефективності вирішення задач в порівнянні із застосуванням кожної зі складових окремо:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Наукові дослідження} \\ + \\ \text{Теорія вирішення} \\ \text{винахідницьких задач} \end{array} \right\} \text{Синергія}$$

Науково-винахідницький біном може застосовуватись при вдосконалення машин як при вирішенні прямої, так і зворотної задачі (рис. 2.27).

Пряма задача передбачає початкову спробу вирішення технічної проблеми конструкторськими засобами та використанням інструментарію вирішення технічних протиріч теорії технічних систем.

В разі неможливості вирішення проблеми такими засобами пошук заходить в тупик. Це означає, що потрібно встановити нові знання про процес чи явище за допомогою наукових досліджень.

Після цього повторне застосування інструментарію вирішення технічних протиріч дозволяє отримати нове концептуальне рішення, яке далі розвивається в повноцінну конструкцію, робота якої досліджується та оптимізується науковими засобами.

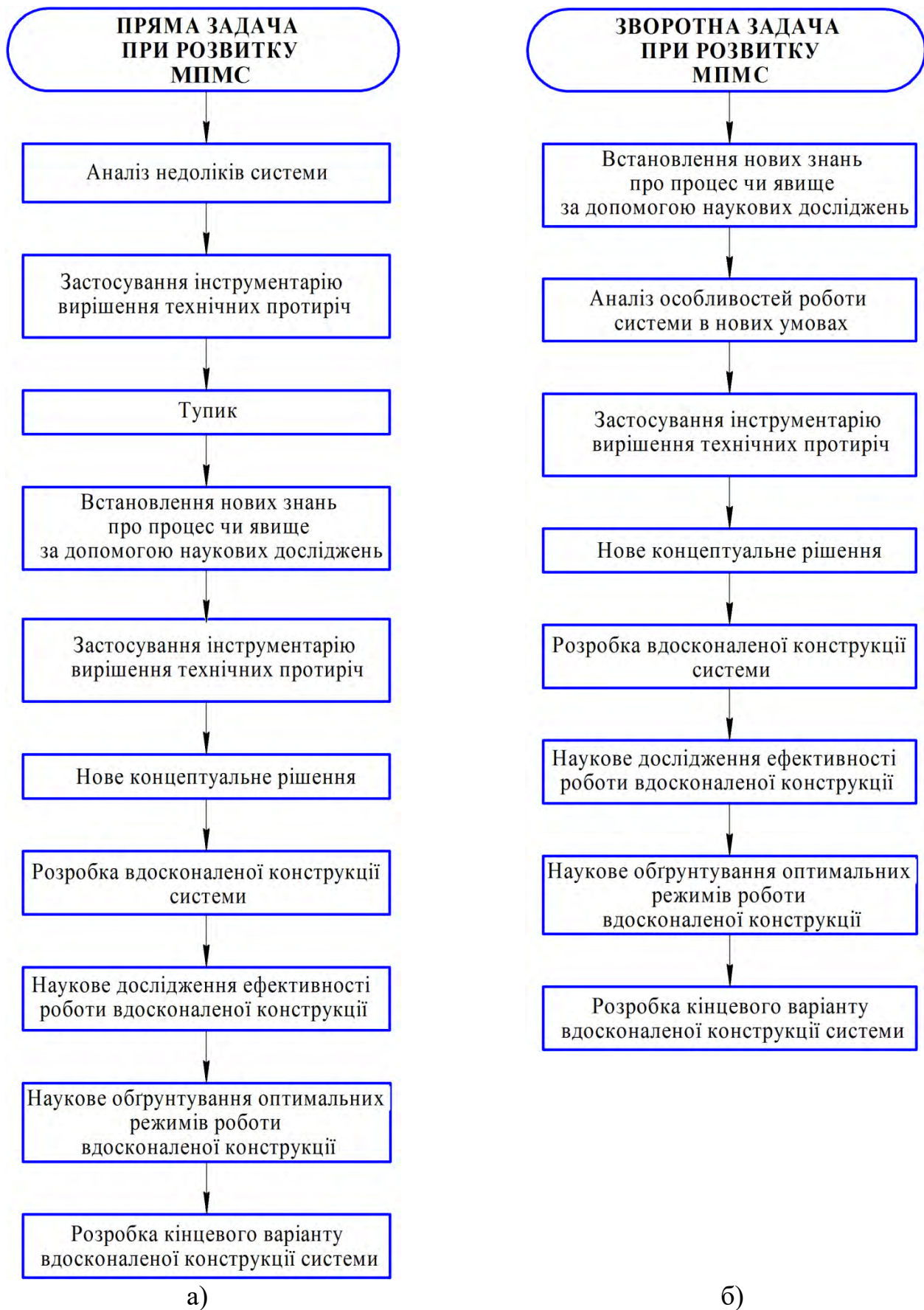


Рис. 2.27. Шляхи застосування науково-винахідницького біному при розвитку МПМС: а) - пряма задача; б) - зворотна задача

Зворотна задача виникає при вихідних пошукових наукових дослідженнях. Встановлення нових знань про процес та їх ретельний аналіз дозволяють виявити нові, раніше не явні, технічні протиріччя. Для їх вирішення слід використати відповідний інструментарій теорії технічних систем.

Отримане при цьому нове концептуальне рішення далі перетворюється в працездатну конструкцію, робота якої оптимізується науковими засобами аналогічно до прямої задачі. Аналіз недоліків та умов роботи системи доцільно проводити, користуючись положеннями функціонально-вартісного аналізу.

Науково-винахідницький біном використано в концепції вдосконалення машин для подрібнення м'ясної сировини, яка наведена нижче по тексту.

## **2.6 Схема алгоритму реалізації концептуальної гіпотези вдосконалення машин для подрібнення м'ясної сировини**

Нами запропонована [107, 246, 350] концептуальна гіпотеза вдосконалення таких машин для подрібнення м'ясної сировини, як вовчки, кутери і емульситатори, сутність якої полягає в тому, що визначаються та взаємоузгоджуються параметри системи подачі та подрібнення, які забезпечують максимальну загальну ефективність процесу, включаючи напружено-деформований стан, втомну витривалість і характеристики зношування робочих органів. На рис. 2.28 представлено структурну схему алгоритму реалізації запропонованої концептуальної гіпотези в контексті застосування науково-винахідницького біному.

Інтенсивному розвитку машин для подрібнення м'ясної сировини перешкоджають не надто раціональні принцип дії, конструктивні схеми елементів, марки матеріалів та методи обробки цих елементів.

Нераціональними вони є тому, що поряд із головною корисною функцією та допоміжними корисними в кожному елементі найчастіше присутні нейтральні та навіть шкідливі функції, а наявні корисні можуть дублюватись, мати недостатній або надлишковий рівень виконання, що потребує виправлення.



Рис. 2.28. Структурна схема реалізації запропонованої концептуальної гіпотези вдосконалення і розвитку машини для подрібнення м'ясної сировини в контексті застосування науково-винахідницького біному

В основі складних задач лежать технічні протиріччя, які виникають через системні взаємозв'язки елементів. Найскладніші задачі не вирішуються тому, що існуючих знань про розглядуваний процес недостатньо, даний процес насправді відбувається дещо інакше, а тому звичні конструктивні рішення і не можуть бути ефективними [107, 246, 350].

При пошуку шляхів розвитку машин для подрібнення м'ясної сировини рухатись завжди потрібно в напрямку підвищення "ідеальності" машини, тобто щоб виконання її головної корисної функції здійснювалось з найменшими витратами матеріалу, енергії, часу та коштів. Для цього при вирішенні проблемних задач слід намагатись використовувати вже наявні в машині конструктивні елементи, силові поля та резерви часу. Шкідливі фактори бажано усувати, нейтралізуючи їх іншими шкідливими факторами.

При розв'язку проблемних задач слід детально з'ясувати функціональне призначення та умови роботи розглядуваних елементів, виділити корисні, нейтральні, шкідливі, дубльовані функції та рівень їх виконання.

В складних випадках потрібно встановити нові знання про розглядуваний процес за допомогою наукових досліджень.

Все це дає можливість глибоко проаналізувати наявні технічні протиріччя, зрозуміти їх справжню суть та вирішити їх, що досягається розділенням суперечливих вимог у просторі і часі за рахунок дій, які наведені нижче [107, 246, 350].

Слід відокремити від елемента, що вдосконалюється, саме необхідну його властивість (корисну або шкідливу), зробити ступінь відокремлення максимально локальним. Необхідно вирізнити в елементі окремі частини або зони, кожній зоні потрібно створити найкращі умови її роботи.

Важливим є правильне узгодження процесів подачі сировини та її обробки. Конструктивні та кінематичні параметри робочих органів визначають ефективність обробки сировини. Ці ж самі параметри визначають гідродинаміку сировини під час обробки та після її контакту з робочим органом. В свою чергу гідродинаміка сировини визначає її стискання, нагрів, подрібнення тощо, силове

навантаження і зношування робочих органів. Конструкція і кінематика робочих органів спільно з їх взаємодією із сировиною визначає їх зношування, статичну, втомну, вібраційну, ударну міцність та корозійну стійкість [107, 246, 350].

Підвищення продуктивності можна досягти забезпеченням безперервності корисної дії, коли паузи в одній дії заповнюються іншою дією.

Після вирішення проблеми А слід уважно проаналізувати впроваджені конструктивні зміни, оскільки вони апріорі дозволяють попутно вирішити і проблеми Б, В тощо [107, 246, 350].

При пошуку технічних проблем, вирішення яких є актуальним, доцільно скористатись статистичним підходом [109, 272], що полягає у кількісному аналізі цільового спрямування відомих технічних рішень з вдосконалення розглядуваної ТС. Під час такого аналізу виявляється відсоткове співвідношення пропозицій по усуненню різних, заздалегідь відомих, недоліків технічної системи. В результаті стає можливим виявити недостатню увагу до усунення окремих недоліків ТС. При цьому технічні пропозиції по їх усуненню будуть володіти підвищеною актуальністю.

На практиці наведені концептуальні положення можуть бути використані як окремо, так і у відповідній послідовності, залежно від розглядуваної проблемної задачі. Приклади застосування положень концепції наведені в розділі 5.

## **2.7 Висновки за розділом 2**

1. Підібрано стандартні та розроблено спеціальні методики проведення досліджень:

- визначення параметрів процесів переробки сировини;
- відеофіксації особливостей гідродинаміки сировини в робочих зонах машин;
- дослідження гідродинаміки сировини;

- визначення структурно-механічних та органолептичних властивостей сировини, напівфабрикатів і готової продукції;
- дослідження нагріву сировини під час переробки та робочих зон машин;
- дослідження напружено-деформованого стану та величини зношування робочих органів кутерів, вовчків і емульсаторів;

2. Запропоновано використовувати науково-винахідницький біном, як методологічний базис для вирішення технічних задач зі складними протиріччями. Науково-винахідницький біном являє собою системне взаємоінтегроване поєднання наукових досліджень та методологічних засобів аналізу і вирішення технічних протиріч. Таке їх поєднання дозволяє отримати синергетичний ефект та досягти успішного вирішення задач зі складними технічними протиріччями. Запропоновано алгоритми вирішення даних задач як у прямій так і зворотній їх постановці.

3. На основі використання науково-винахідницького біному розроблено концепцію вдосконалення вовчків, кутерів і емульсаторів. Концепція дозволяє швидко та чітко визначити найбільш прогресивні шляхи вдосконалення машин для подрібнення м'ясної сировини.

4. Одержані методологічні засади дозволяють суттєво інтенсифікувати вдосконалення вовчків, кутерів і емульсаторів та спрямувати цей розвиток в раціональних та економічно вигідних напрямках.



## РОЗДІЛ 3

### ГІДРОДИНАМІКА М'ЯСНОЇ СИРОВИНИ В РОБОЧИХ ЗОНАХ МАШИН

#### 3.1 Гідродинаміка сировини в процесі кутерування

##### 3.1.1 Подача м'ясної сировини в зону подрібнення кутера та особливості її взаємодії з лезами ножової головки

Встановлення закономірностей руху сировини в зоні подрібнення кутера є підґрунтям для розробки ефективних шляхів підвищення питомої продуктивності цих машин. Зона подрібнення кутера являє собою простір, який знизу обмежений обертовою чашею кутера, зверху - кришкою ножової головки, протяжність даної зони - відповідає довжині ножової головки.

Як зазначалось в п. 1.2, ножова головка кутера, в переважній більшості випадків, складається з 6-ти ножів, які попарно встановлені (рис. 3.1) в трьох площинах різання (в трьох площинах обертання). В першій (по напрямку обертання чаші кутера) площині різання розташовані ножі 1 і 2, в другій - ножі 3 і 4, в третій - ножі 5 і 6. Чаша кутера обертається проти годинникової стрілки.

Попередній аналіз (п.1.2) дозволив встановити, що найбільший внесок в процес подрібнення сировини вносять ножі 1 і 2 першої площини різання. Актуальним є встановлення особливостей надходження сировини в зону подрібнення з метою виявлення причин недостатньо високої питомої продуктивності кутерів.

На рис. 3.2 наведено розрахункову схему визначення параметрів подачі сировини під ножі першої площини різання [273].

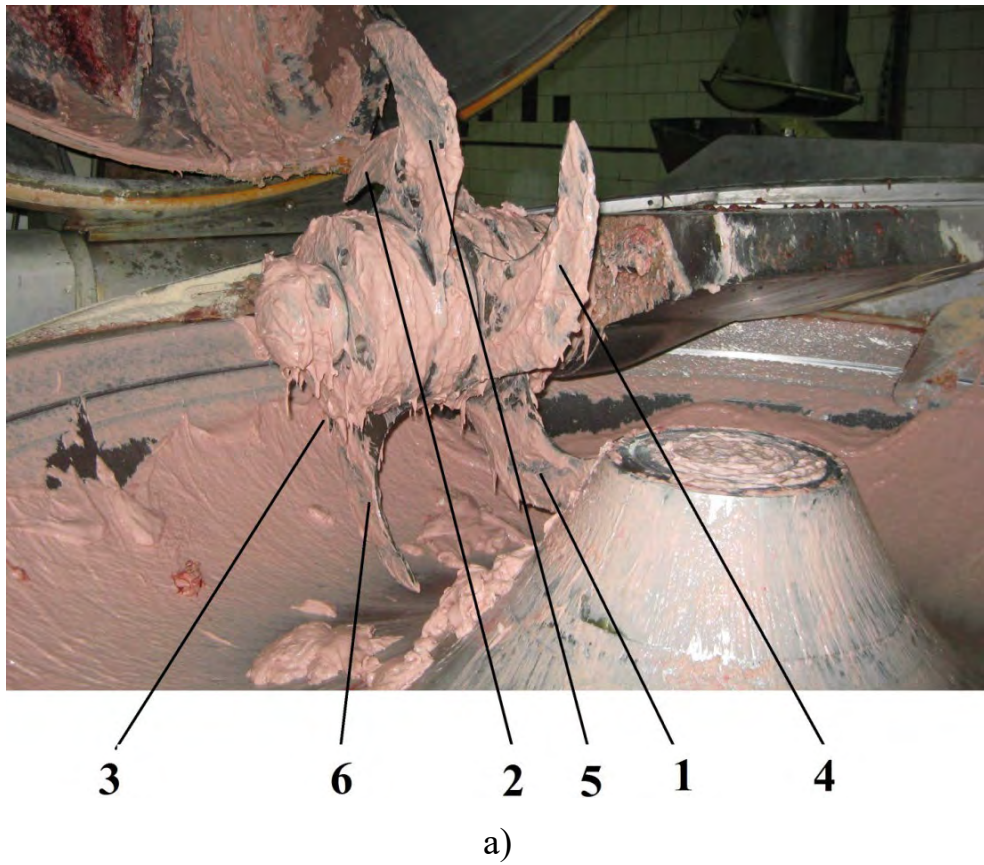


Рис. 3.1. Розміщення ножів в ножовій головці кутера Laska KR-330V: 1, 2 - ножі першої площини різання; 3, 4 - ножі другої площини різання; 5, 6 - ножі третьої площини різання

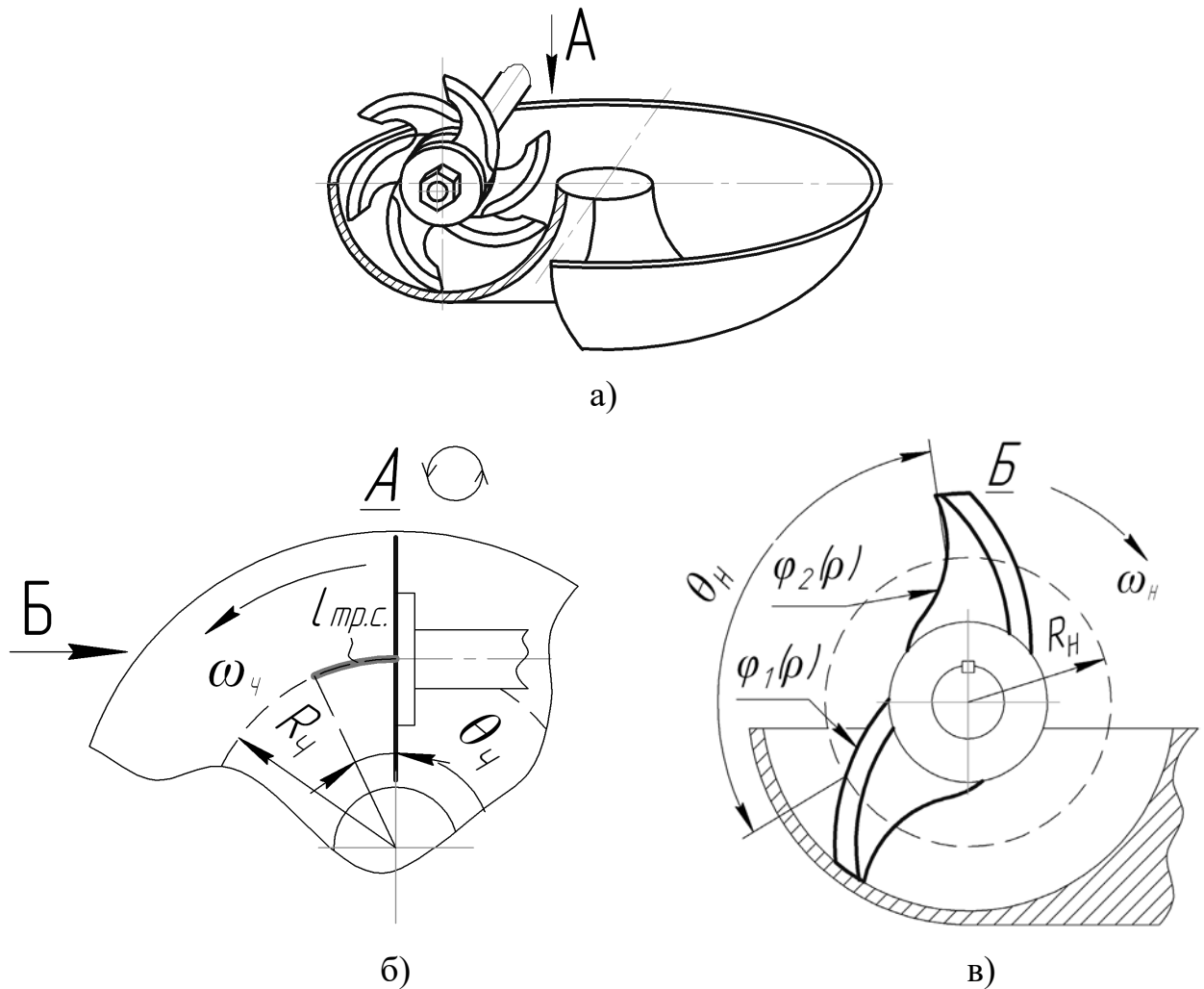


Рис. 3.2. Загальний вигляд зони подрібнення кутера (а). Схеми до розрахунку геометричних та кінематичних параметрів б) – чаші; в) – ножової головки

Товщину шару сировини (довжину траєкторії переміщення точки сировини чашею кутера), яка вимірюється поміж двома різальним діями ножів, можна визначити наступним чином, м:

$$l_{тр.с.} = v_ч \cdot \tau_ч, \quad (3.1)$$

де  $v_ч$  – лінійна швидкість точки сировини у чаші, м/с;  $\tau_ч$  – тривалість переміщення точки сировини чашею кутера в період, коли лезо першого ножа, що здійснив

різальну дію не перешкоджає надходженню сировини в зону різання перед різальною дією леза наступного ножа, с.

З умови фізичної постановки задачі (рис. 3.2, б, в) можна визначити, що  $\tau_q = \tau_n$ , де  $\tau_n$  – величина проміжку часу поміж проходженням визначеної точки зони різання тильною стороною першого ножа та різальною кромкою наступного ножа, що здійснюватиме різання.

Значення  $\tau_n$  можна визначити залежно від конструктивних та кінематичних параметрів ножової головки:

$$\tau_n = \frac{\theta_n}{\omega_n}, \quad (3.2)$$

де  $\theta_n$  – величина кута, що визначає вільний простір для проходження сировини, яка подається чашею в зону різання, поміж двома різальними діями ножів, рад;

$\omega_n$  – кутова швидкість обертання ножової головки та ножів кутера, рад/с.

В свою чергу, як відомо, кутова швидкість залежить від частоти обертання, як, рад/с:

$$\omega_n = \frac{\pi \cdot n_n}{30}, \quad (3.3)$$

де  $n_n$  – частота обертання ножової головки та ножів кутера,  $\text{хв}^{-1}$ .

Аналогічно можна визначити лінійну швидкість точки шару сировини, що подається чашею кутера:

$$v_q = \frac{\pi \cdot n_q \cdot R_q}{30}, \quad (3.4)$$

де  $n_q$  – частота обертання чаші кутера,  $\text{хв}^{-1}$ ;

$R_q$  – радіус обертання точки шару сировини, м.

Зважаючи на зазначене, товщину шару сировини, який чашею кутера подається в зону різання поміж двома різальним діями ножів, можна визначити за виразом (3.1), виконавши при цьому елементарні алгебраїчні перетворення, м:

$$l_{mp.c.} = \frac{\pi \cdot n_q \cdot R_q}{30} \cdot \frac{\theta_n}{\frac{\pi \cdot n_n}{30}} = \frac{\theta_n \cdot n_q \cdot R_q}{n_n}. \quad (3.5)$$

Величина кута  $\theta_n$  залежить, як від кількості ножів в одній площині різання (в одному ножовому блоці) так і від їх геометричної форми, а саме – від виду кривих, у вигляді яких виконано різальну кромку леза кожного ножа та його тильну сторону (рис. 3.2, в). З огляду на це, величина кута  $\theta_n$  визначається за виразом:

$$\theta_n(\rho) = \frac{2\pi}{z'_n} - \varphi_1(\rho) + \varphi_2(\rho), \quad (3.6)$$

де  $z'_n$  – кількість ножів в одній площині різання (в одному ножовому блоці), зазвичай  $z'_n=2$ ;

$\varphi_1(\rho)$  та  $\varphi_2(\rho)$  – полярні рівняння кривих, у вигляді яких виконано відповідно ріжучу кромку і тильну сторону ножів, причому рівняння виражені, як функції кута  $\varphi$  від радіусу  $\rho$ .

Для того, щоб визначити рівняння  $\varphi_1(\rho)$  і  $\varphi_2(\rho)$  необхідно з'ясувати, які типи конструкцій ножів кутера найчастіше використовуються на практиці. Відомо [171, 93-239, 247-257, 259-271, 272-283, 286-298, 303-304] значну кількість конструкцій ножів кутера, проте можна виділити ті типи, що набули найбільшого поширення (рис. 3.3).

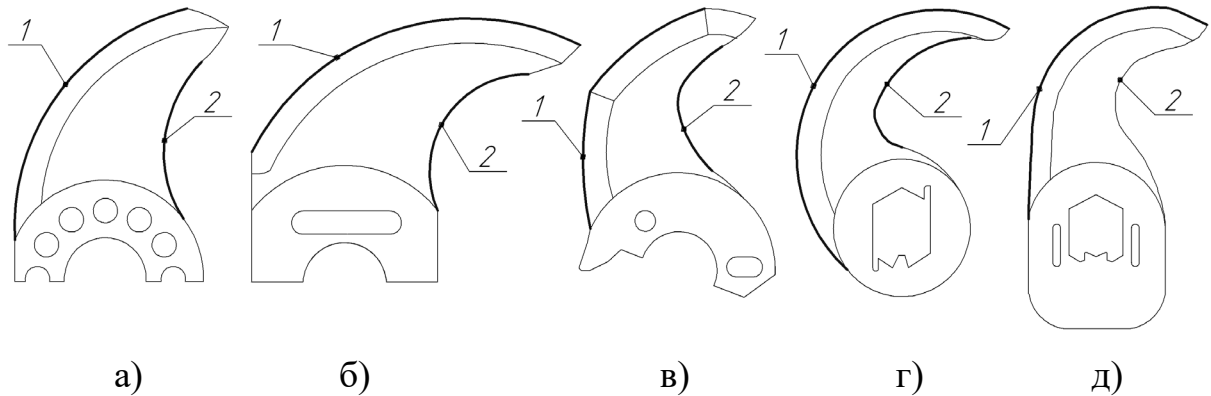


Рис. 3.3. Типи конструкцій ножів для кутерів марок: а) - Alpina (I); б) – Л5-ФКБ (II); в) - Laska (III); г) – Seydelmann (IV); д) – Kraemer+Grebe (V).  
1 – різальна кромка; 2 – тильна кромка

Відповідно до зазначених типів конструкцій ножів рівняння  $\varphi_1(\rho)$  та  $\varphi_2(\rho)$  можуть бути визначені наступним чином. Для ножів типів I, II і III, вказані поверхні яких мають форму ділянки кола, рівняння  $\varphi_1(\rho)$  і  $\varphi_2(\rho)$  набудуть вигляду рівняння кола в полярній системі координат.

Рівняння кола в декартовій системі координат, як відомо, має вигляд:  $(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = R^2$ , де  $(x_0; y_0)$  – координата центру кола з радіусом  $R$ .

Перехід від декартової системи координат до полярної відбувається за допомогою перетворень:  $x = \rho \cdot \cos \varphi$  та  $y = \rho \cdot \sin \varphi$ . В такому разі, враховуючи, що крива 1 – ділянка кола радіусом  $R_0$ , а крива 2 – ділянка кола радіусом  $R_1$ , їх рівняння в полярній системі координат набудуть вигляду (після вираження  $\varphi$  через  $\rho$ ):

$$\varphi_1(\rho) = \arccos \left( \frac{\rho^2 + x_0^2 + y_0^2 - R_0^2}{2\rho\sqrt{x_0^2 + y_0^2}} \right) + \arctg \left( \frac{y_0}{x_0} \right), \quad (3.1.7)$$

$$\varphi_2(\rho) = \arccos \left( \frac{\rho^2 + x_1^2 + y_1^2 - R_1^2}{2\rho\sqrt{x_1^2 + y_1^2}} \right) + \arctg \left( \frac{y_1}{x_1} \right), \quad (3.1.8)$$

де  $x_0, y_0$  – координати центра кола радіусом  $R_0$  (стосовно ножів типу III вибір значень параметрів кола проводиться відповідно до обраної ділянки різальної кромки);

$x_1, y_1$  – координати центра кола радіусом  $R_1$ .

Для ножів типу IV, різальна кромка яких виконана у вигляді Архімедової спіралі, рівняння функції  $\varphi_1(\rho)$  можна визначити з рівняння даної спіралі –

$\rho = \rho_0 + A \cdot \varphi \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$ . Звідси:

$$\varphi = \frac{\rho - \rho_0}{A}, \quad (3.9)$$

де  $\rho_0$  – початковий радіус-вектор;  $A = \frac{a}{2\pi}$  - де  $a$  – крок спіралі.

Для ножів типу V, різальна кромка яких виконана у вигляді евольвенти, рівняння функції  $\varphi_1(\rho)$  можна визначити з рівняння евольвенти. В даному випадку рівняння евольвенти у полярній системі координат запишеться наступним чином:

$$\rho = \frac{r}{m} \sqrt{(\varphi - \varphi_0)^2 + m^2}, \quad (3.10)$$

де  $\varphi_0$  – величина зміщення центру евольвенти відносно вісі обертання ножа;

$m$  – масштабний коефіцієнт.

Рівняння кривої 1 визначимо із рівняння евольвенти в полярній системі координат, що було вказано вище:

$$\varphi_1(\rho) = \varphi_0 - m \sqrt{\left(\frac{\rho}{r}\right)^2 - 1}. \quad (3.11)$$

Рівняння функції  $\varphi_2(\rho)$ , відповідно до конструкції ножа, можна визначити з рівнянь (3.8), (3.9) або (3.11). Значення радіус-вектору  $\rho$  в рівняннях (3.6-3.11) приймається рівним обраному значенню поточного радіусу обертання точок ножів  $\rho=R_n$ .

На рис. 3.4, 3.5 представлено результати [273] визначення  $l_{тр.с.}$  від кінематичних параметрів кутера для випадку використання ножів типу I.

Значення параметрів при цьому (рис. 3.4) наступні:  $R_ч=0,4$  м;  $z'_н=2$ ;  $x_0=0,141$  м;  $y_0=0,055$  м;  $R_0=238$  м;  $x_1=0,2$  м;  $y_1=0,132$  м;  $R_1=0,138$  м;  $R_n=0,165$  м.

Геометричні параметри ножового блоку:  $R_{н.мах.}=0,3$  м,  $R_{н.мін.}=0,105$  м. ( $n_ч=18$  хв<sup>-1</sup> для рис. 3.5).

Геометричні параметри чаші:  $R_{ч.мах.}=0,7$  м,  $R_{ч.мін.}=0,1$  м.

На рис. 3.6 наведено порівняння величини  $l_{тр.с.}$  для ножів різних типів.

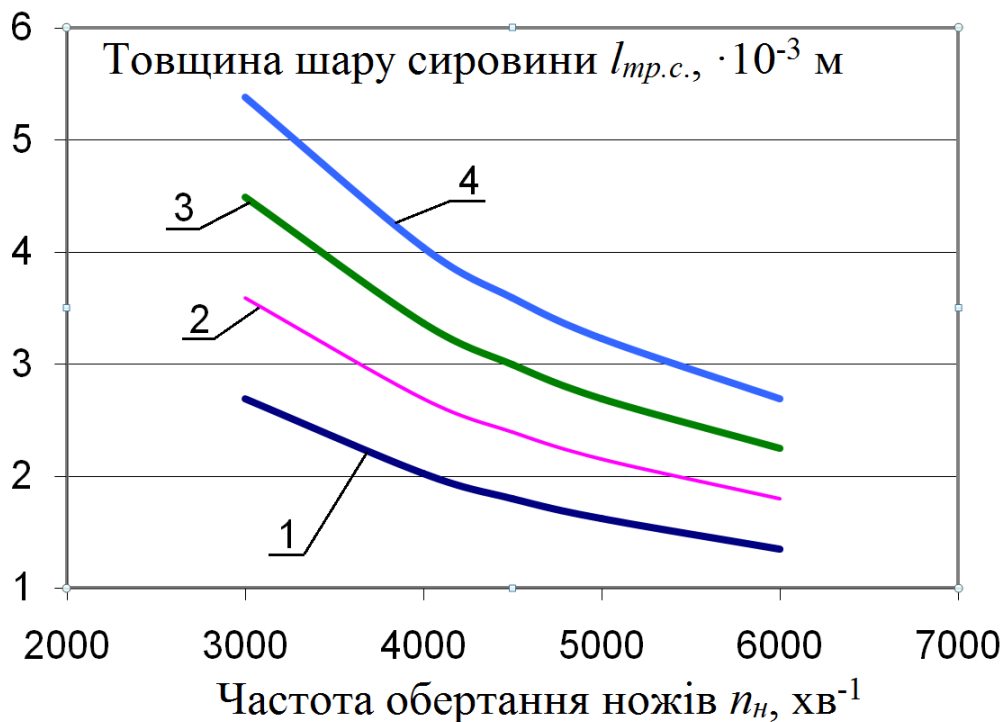


Рис. 3.4. Залежність товщини шару сировини  $l_{тр.с.}$  від частоти обертання ножів кутера при частотах обертання чаші, хв.<sup>-1</sup>: 1 - 9; 2 - 12; 3 - 15; 4 - 18



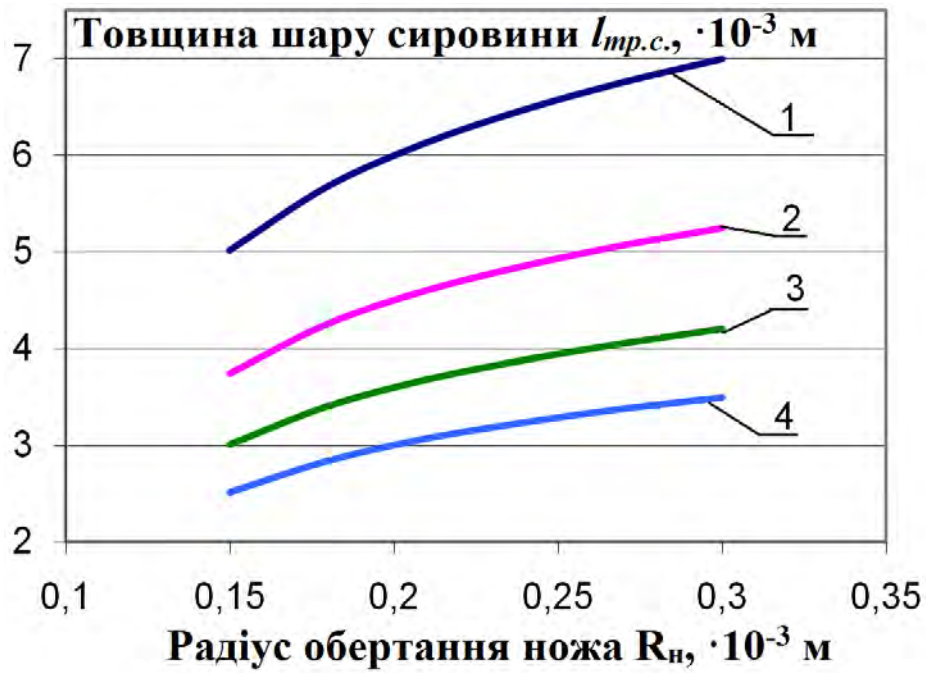


Рис. 3.5. Залежність товщини шару сировини  $l_{mp.c.}$  від радіусу обертання точок ножів при частоті обертання ножів,  $хв^{-1}$ : 1 - 3000; 2 - 4000; 3 - 5000; 4 - 6000

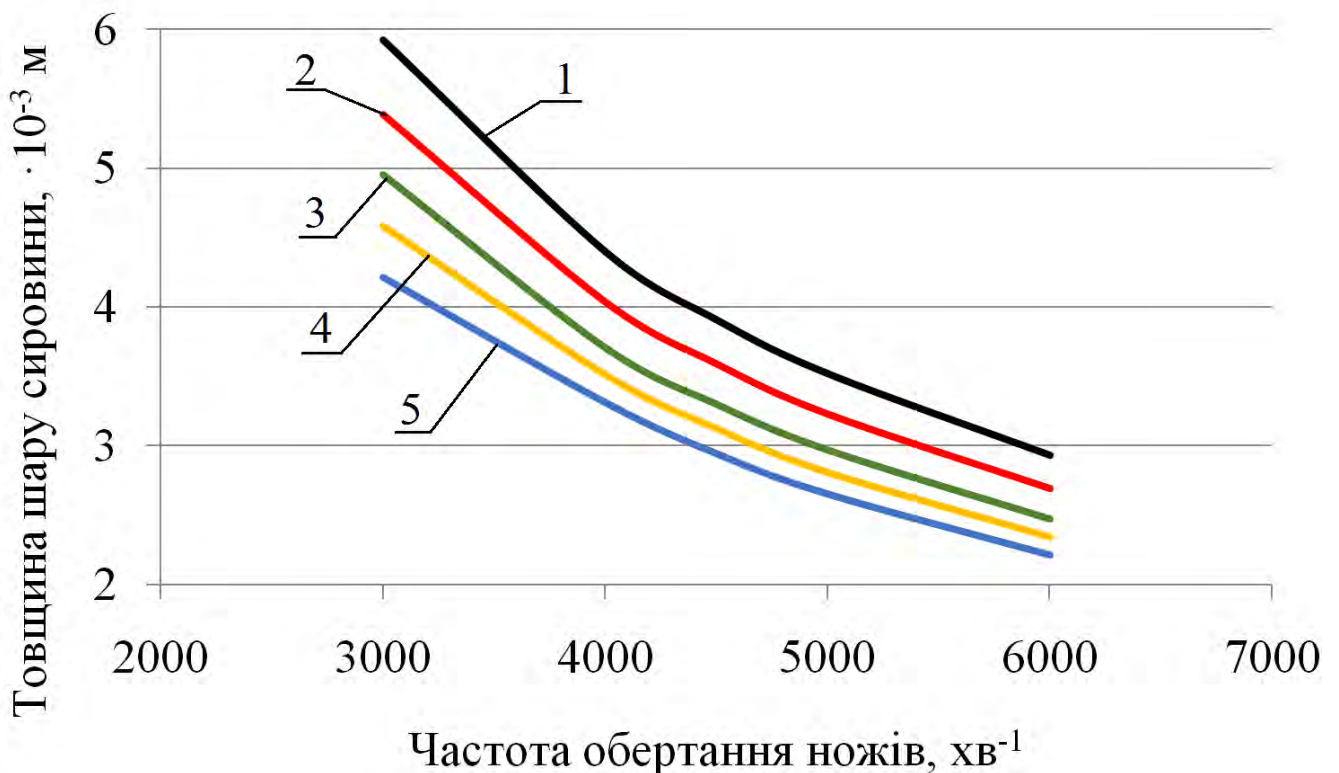


Рис. 3.6. Залежність товщини шару сировини від частоти обертання ножів для ножів типу (тип ножа згідно рис. 3.3): 1 - IV; 2 - V; 3 - III; 4 - I; 5 - II

Як слідує з отриманих результатів (рис. 3.4-3.6), при існуючих конструктивних і кінематичних параметрах ножової головки і чаші кутера неможливо досягти такого значення  $l_{mp.c.}$ , при якому б сировина подавалась під усі ножі ножової головки, які розташовані в різних площинах різання. Товщина шару сировини не перевищує 7 мм при найсприятливіших умовах, тоді як відстань між двома площинами різання для кутерів означених вище габаритів сягає 15-25 мм.

Результати проведених розрахунків свідчать, що, незважаючи на значні конструктивні відмінності розглядуваних типів ножів (рис. 3.3), при їх роботі слід очікувати лише незначних змін у значенні товщини відрізаного шару сировини (рис. 3.6), а відтак - і у продуктивності кутера. Значення  $l_{mp.c.}$  відрізняються не більше як 18%, що не дозволяє вибрати такий тип ножа з існуючих типів, який би дозволив суттєво підвищити питому продуктивність кутерів. Це вказує на актуальність пошуку нових конструктивних рішень ножів кутера.

Принцип дії кутера обумовлює контакт ножів із сировиною не лише поверхнею леза, а і нижньою поверхнею корпусу б (рис. 3.7). Дана поверхня контактує з шаром сировини, який подається чашею кутера в зону подрібнення.

Зважаючи на достатньо значну площу нижньої поверхні корпусу ножа б, слід очікувати на інтенсивне тертя даної поверхні по сировині, що, сумісно із в'язкісними та адгезійними властивостями сировини може призводити до її руху під дією сил тертя. Врахування даного явища може дозволити більш коректно виявити причини недостатньо високої питомої продуктивності кутера.

Дослідження даного проблемного питання проводилось [361] шляхом чисельного моделювання процесу руху ножа в сировині за допомогою програмного комплексу FlowVision. При цьому використовувались наступні вихідні дані: режим руху рідини – ламінарний; густина рідини - 1050 кг/м<sup>3</sup>, в'язкість - 30, 700Па·с; частота обертання ножів – 1500, 3000 хв<sup>-1</sup>; максимальна довжина ножа – 300 мм; відстань  $h$  від поверхні ножа варіювалась (рис. 3.8). Результати чисельного моделювання наведено на рис. 3.9, 3.10.

Графічні залежності, що наведені на рис. 3.10, були апроксимовані квадратичною функцією виду:

$$v_{сир.} = a + b \cdot h + c \cdot h^2, \quad (3.12)$$

де  $a, b, c$  - коефіцієнти рівняння регресії (таблиця 3.1)

За результатами досліджень встановлено, що при обертанні ножа внаслідок контактної взаємодії сировини з його нижньою стороною відбувається інтенсивний рух шарів сировини, що прилягають до ножа, разом із ним та після його проходження в напрямку його руху. Значення швидкості сировини сягають 118 м/с при тонкому подрібненні фаршу та 68 м/с при подрібненні кускового м'яса. Лінійна швидкість руху кінця ножа при цьому складає 141,3 м/с та 94,2 м/с .

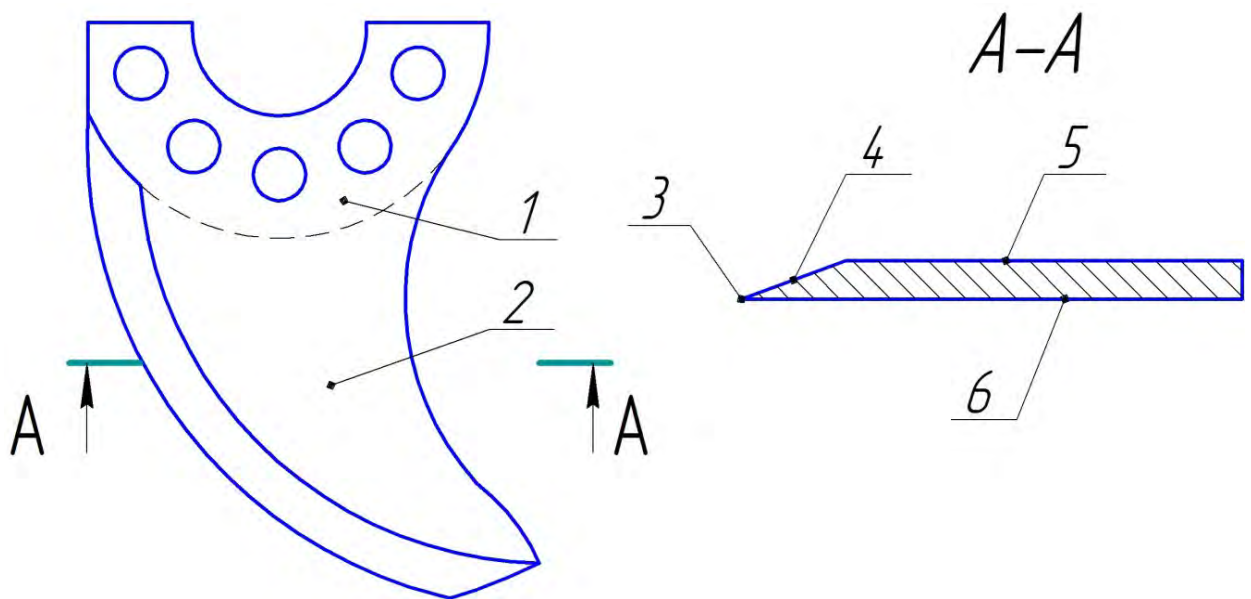


Рис. 3.7. Будова ножа кутера: 1 - посадочна частина корпусу; 2 - робоча частина корпусу; 3 - різальний крайок; 4 - передня поверхня леза; 5 - верхня поверхня корпусу; 6 - нижня поверхня корпусу

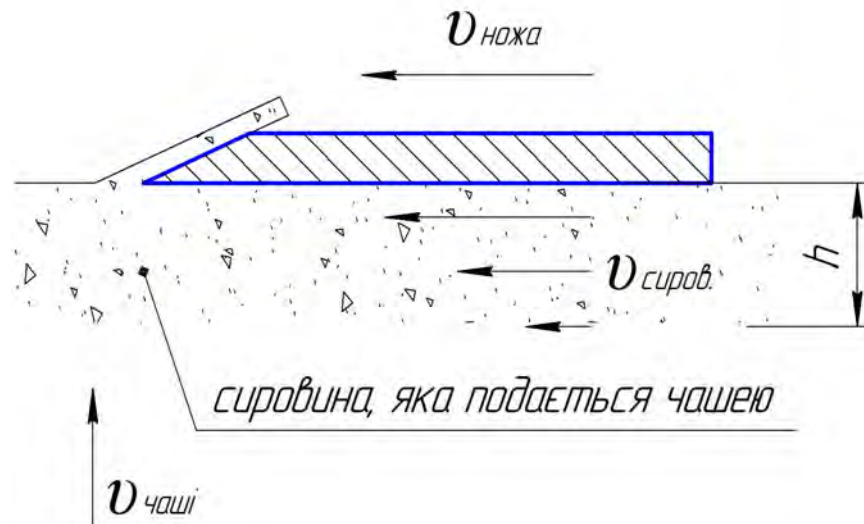
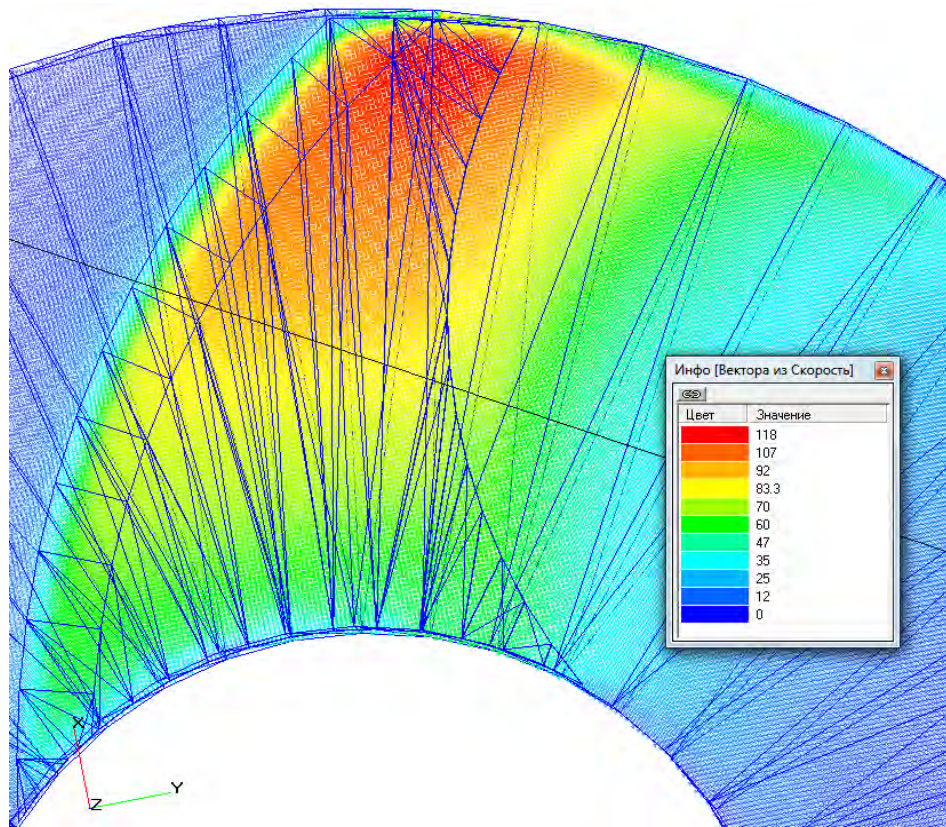


Рис. 3.8. Схема руху ножа та сировини при кутеруванні:  $v_{\text{ножа}}$  - швидкість руху ножа при подрібненні сировини;  $v_{\text{чаші}}$  - швидкість руху чаші при її обертанні;  $v_{\text{сиров.}}$  - швидкість руху сировини внаслідок адгезійної взаємодії з ножем;  $h$  - товщина шару сировини, який рухається зі швидкістю  $v_{\text{сиров.}}$ .

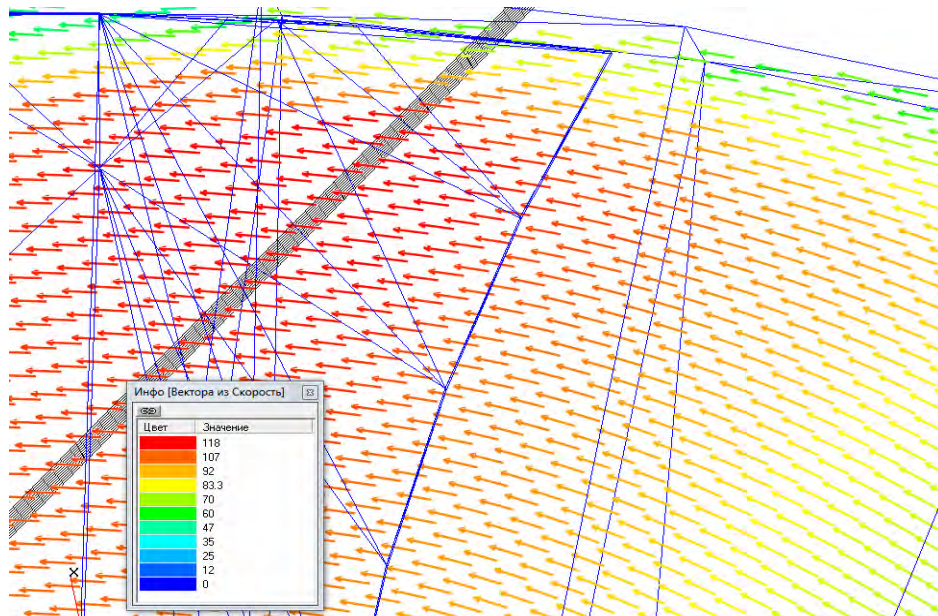
Таблиця 3.1

### Коефіцієнти рівняння регресії

Вид подрібнюваної сировини	Ділянка ножа	Коефіцієнти рівняння регресії		
		a	b	c
Тонкоподрібнений фарш	на початку ножа	54,9	-12,2	0,7
	посередині	85,4	-12,1	0,4
	на кінці ножа	116,9	-14,3	0,4
Кускове м'ясо	на початку ножа	28,7	-6,5	0,4
	посередині	51,3	-8,2	0,3
	на кінці ножа	68,7	-9,0	0,3



а)



б)

Рис. 3.9. Візуалізація результатів чисельного моделювання контактної взаємодії нижньої сторони ножа із сировиною ( $h=1 \cdot 10^{-4}$  м): а) - значення та напрямок швидкості сировини  $v_{\text{сиров.}}$  по всьому радіусу ножа; б) - значення та напрямок швидкості сировини  $v_{\text{сиров.}}$  на кінці ножа

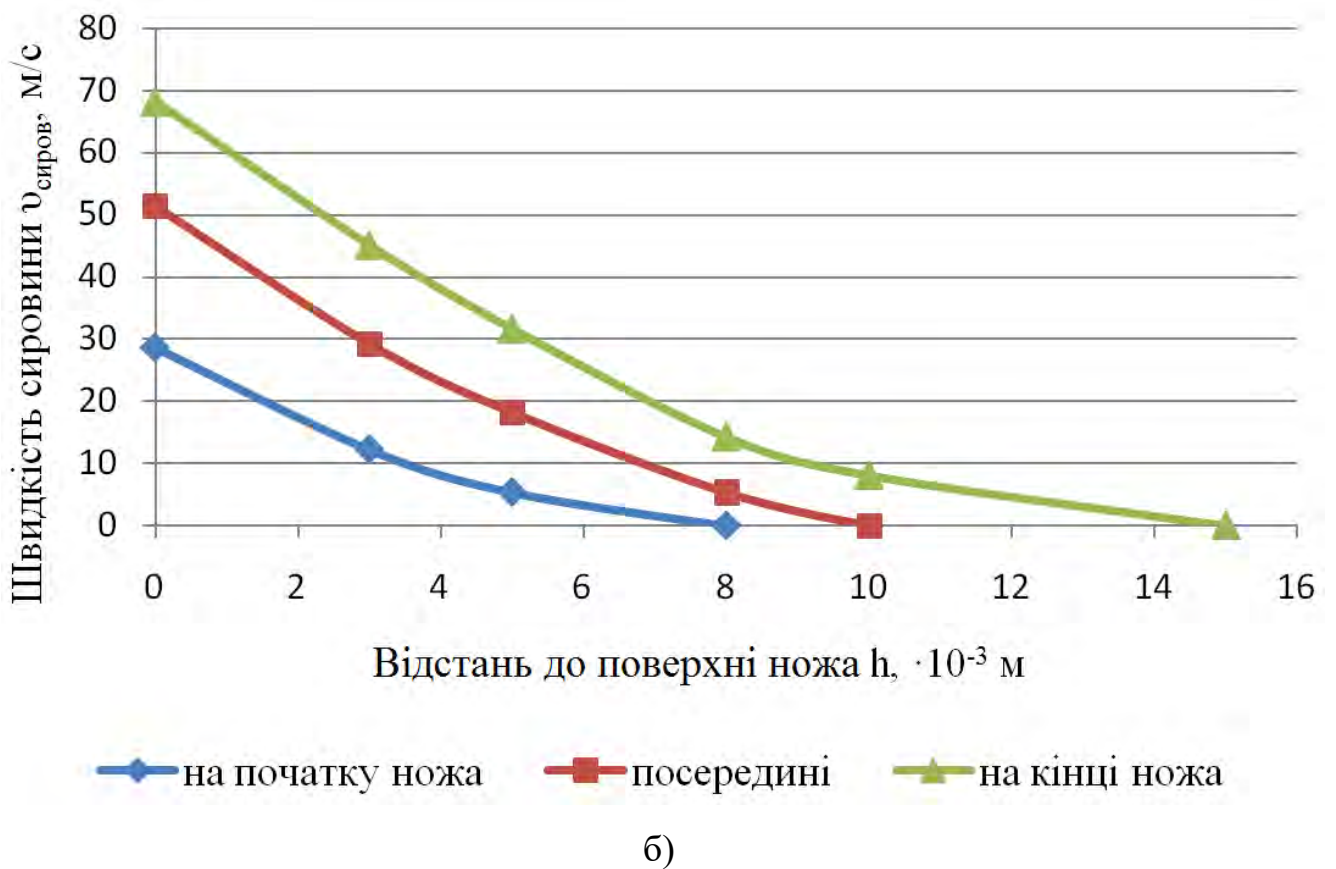


Рис. 3.10. Залежність швидкості сировини  $v_{\text{сиров.}}$  від відстані до поверхні ножа  $h$ : а) - при тонкому подрібненні фаршу; б) - при подрібненні кускового м'яса

По мірі збільшення відстані  $h$  від нижньої поверхні ножа швидкість руху сировини істотно знижується (рис.3.10), досягаючи 0 при  $h=20$  мм. Найбільші значення  $v_{\text{сиров.}}$  відповідають  $h \leq 1$  мм.

Швидкість сировини стрімко збільшується по мірі збільшення радіусу обертання ділянок ножа. Максимальна швидкість спостерігається в зоні руху кінця ножа. При цьому швидкість руху поверхні ножа здійснює значно більший вплив на  $v_{\text{сиров.}}$  чим площа цієї поверхні (рис. 3.9, а).

Аналіз отриманих при моделюванні результатів дозволяє дійти висновку, що внаслідок адгезійної взаємодії м'ясної сировини з нижньою поверхнею ножа відбувається винос частини м'ясної сировини із зони подрібнення в напрямку обертання ножа. Це призводить до зменшення кількості сировини, яка подається чашею кутера під наступний ніж даної площини різання, та, відповідно, до зменшення питомої продуктивності кутера.

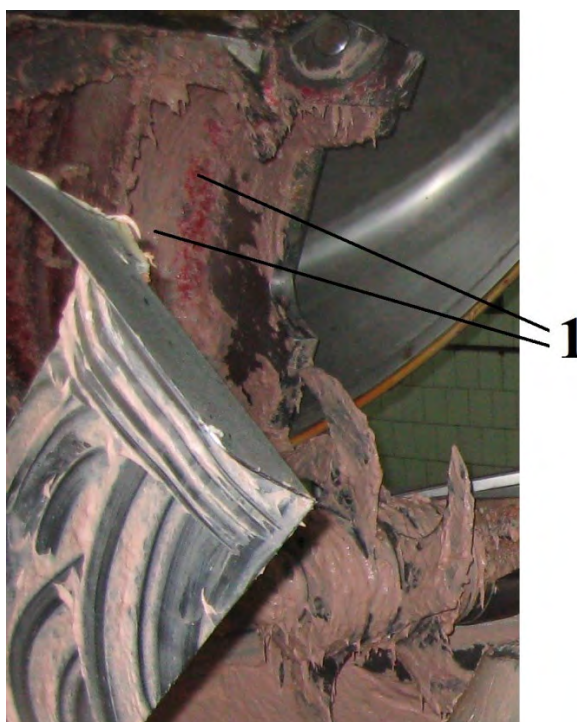
Підтвердженням даного висновку слугують дані фотофіксації, наведені на рис. 3.11. Як видно з рис. 3.11, ножі другої та третьої площин різання відкидають сировину вгору на поверхню кришки ножової головки лише тонкими смугами (2), тоді як ножі першої площини різання формують і шар 2 (при гальмуванні ножової головки наприкінці кутерування) і шар 1. Шар 1 - це сировина, яка винесена ножами першої площини різання із зони подрібнення завдяки дії адгезії.

Описана особливість взаємодії ножів першої площини різання із сировиною обумовлює недостатньо високу питому продуктивність кутерів та значні витрати енергії, які витрачаються на тертя ножа об сировину. Дане явище слід враховувати при визначенні товщини шару сировини за виразом (3.5) та при розрахунку продуктивності і споживаної потужності кутера.

Вочевидь, збільшувати кількість ножів відомих конструкцій понад 2 в одній площині різання є не ефективним для підвищення продуктивності кутера. Необхідною є розробка нових шляхів покращення подрібнювальної здатності ножової головки кутера.



а)



б)

Рис. 3.11. Сліди шарів сировини, що знаходяться на поверхні відкритої кришки ножової головки: а) - вид збоку; б) - вид по діагоналі; 1 - сировина, яка винесена ножами першої площини різання із зони подрібнення; 2 - сировина, яка відкинута ножами в площині їх обертання при вибігу (гальмуванні) ножової головки



Визначити величину внеску у загальний процес подрібнення сировини окремих ножів, які встановлені в різних площинах різання, може дозволити дослідження величин зміни радіусів закруглення різальних крайків за фіксований час роботи ножа (методика - див. п. 2.3.3).

Досліджувалось зношування ножів при виготовленні тонкоподрібнених безструктурних фаршів (для варених ковбас, сосисок тощо), а також при виготовленні фаршів сирокочених ковбас.

Після початкового заточування ножів радіус закруглення їх різальних крайків склав  $\rho=12,7\pm 0,2$  мкм. Після 8 годин роботи кутера величина  $\rho$  досягла значень, які наведені в таблиці 3.2. На рис. 3.12-3.15 отримані дані представлені у графічному вигляді.

Таблиця 3.2

### Значення радіусу закруглення різальних крайків ножів

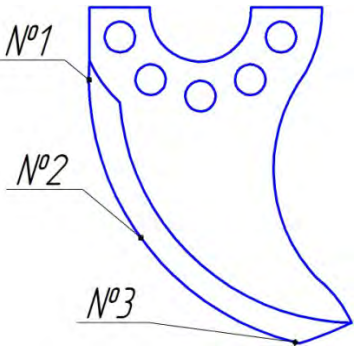
Точка вимірювання на лезі ножа	Радіус закруглення різального крайка $\rho$ , $\cdot 10^{-6}$ м					
	ніж №1	ніж №2	ніж №3	ніж №4	ніж №5	ніж №6
						
Виготовлення тонкоподрібнених безструктурних фаршів						
№1	25,8	22,4	14,3	13,3	13,1	13,7
№2	32,2	30,7	18,7	16,1	16,5	17,3
№3	49,4	47,8	28,6	23,2	25,4	26,7
Виготовлення фаршів сирокочених ковбас						
№1	32,5	33,7	28,6	29,3	26,4	25,8
№2	47,8	49,2	36,2	37,4	31,1	30,9
№3	56,3	58,6	42,5	45,9	39,7	37,5



Рис. 3.12. Радіуси закруглення різальних окрайків ножів після кутування тонкоподрібнених безструктурних фаршів: а) - для точки №1; б) - для точки №2



Рис. 3.13. Радіуси закруглення різальних крайків ножів після кутерування тонкоподрібнених безструктурних фаршів, для точки №3

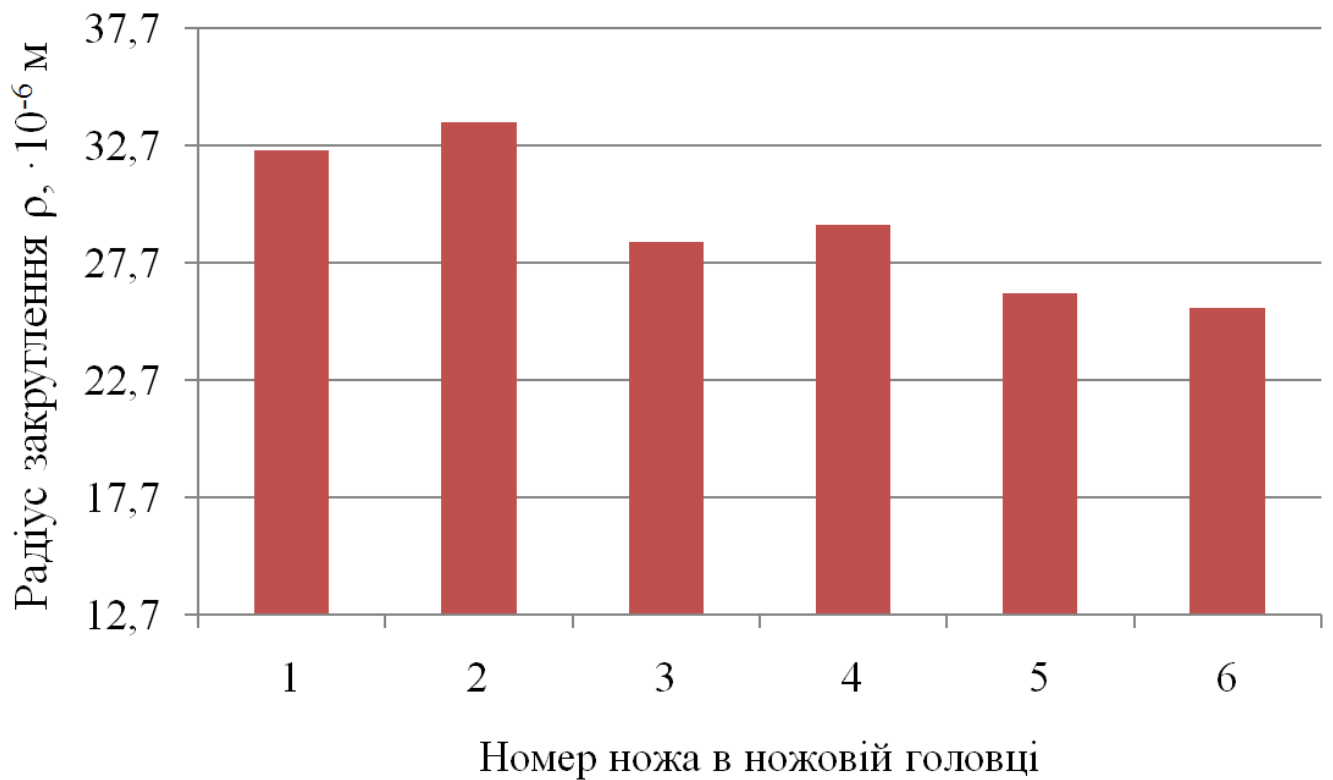


Рис. 3.14. Радіуси закруглення різальних крайків ножів після кутерування фаршів сирокочених ковбас, для точки №1

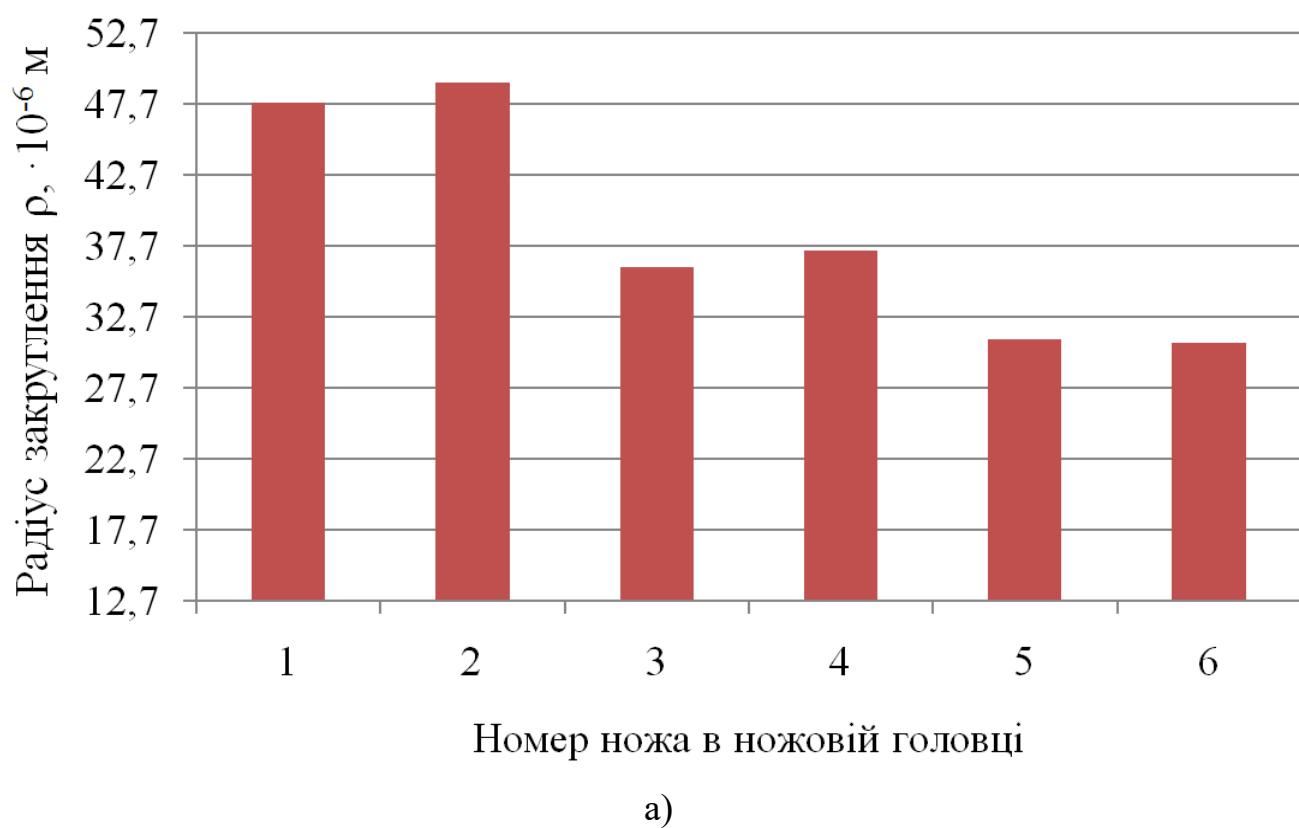


Рис. 3.15. Радіуси закруглення різальних крайків ножів після кутерування фаршів сирокочених ковбас: а) - для точки №2; б) - для точки №3

Як слідує з отриманих даних, для ножів кутера спостерігається неоднорідне зношування як по їх довжині так і для однойменних точок різних ножів.

Максимальне зношування ( $\rho=49,4$  мкм) спостерігається для точки 3, яка розташована на кінці ножа, мінімальне - для точки 1, розташованої біля посадочної частини ножа на найменшому радіусі обертання леза ( $\rho=22,4$  мкм). Це пояснюється кількома факторами:

- більшою у 2-3 рази лінійною швидкістю різання в точці 3 у порівнянні зі швидкістю різання в точці 1;
- значно більшим шляхом різання для точки 3 по відношенню до точки 1 (за рахунок геометрії чаші кутера);
- максимальним коефіцієнтом заповнення чаші кутера в її нижній частині (для точки 3) та недостатньою кількістю сировини для точки 1 (за рахунок того, що максимальний об'єм сировини в чаші накопичується поступово, по мірі додавання складових за рецептурою).

Особливу увагу на себе звертає характер зношування однойменних точок ножів, які встановлені в різних площинах різання.

При виготовленні тонкоподрібнених безструктурних фаршів найбільше зношування спостерігається для ножів №1, 2 першої площини різання. Ножі другої та третьої площини різання зношені у 1,73-2,13 разів менше. При цьому точки 3 ножів №3-6 зношені більш, а точки 1 і 2 - менш інтенсивно в порівнянні з аналогічними точками ножів №1, 2 першої площини різання. Це може вказувати на переважну наявність сировини саме в нижній частині чаші в зонах роботи ножів №3-6.

При виготовленні фаршів сирокочених ковбас абсолютні значення радіусу закруглення  $\rho$  більші (в 1,22-1,45 разів) у порівнянні з такими ж значеннями при виготовленні безструктурних фаршів. Це пояснюється вищими хіміко-механічними характеристиками сировини для сирокочених ковбас, яка, згідно вимог технології виготовлення, подається на кутерування в замороженому стані. Також відмічена значно менша відмінність значень радіусу закруглення  $\rho$  для точок 1-3 ножів №3-6 в порівнянні з випадком кутерування безструктурних

фаршів. Це може вказувати на кращу наповненість сировиною зони подрібнення саме при кутеруванні фаршів сирокочених ковбас, що не відповідає даним [134, 352], згідно яких саме ножі №1 і №2 виконують подрібнення на всій довжині своїх лез.

Відмічена не стійка різниця у значеннях  $\rho$  для ножів №1 і №2. Максимальне зношування спостерігається то для ножа №1 то для ножа №2 при вимірюванні після кожного циклу кутерування.

Дане явище, які і означенні вище припущення, потребують уточнення при подальших дослідженнях. З цією метою корисним може бути використання методу високошвидкісної зйомки процесу кутерування.

### **3.1.2 Аналіз результатів високошвидкісної відеозйомки та чисельного моделювання кінематики руху м'ясної сировини в зоні подрібнення**

В результаті аналізу високошвидкісної відеозйомки процесу роботи ножової головки кутера було виявлено особливості руху сировини, як результат взаємодії з обертовими ножами головки.

На рис. 3.16 показано взаємодію ножів із замороженою кусковою сировиною. Сировина в зону подрібнення подається чашею, яка обертається на справа-наліво. Ножі обертаються з частотою  $12,5 \text{ с}^{-1}$ .

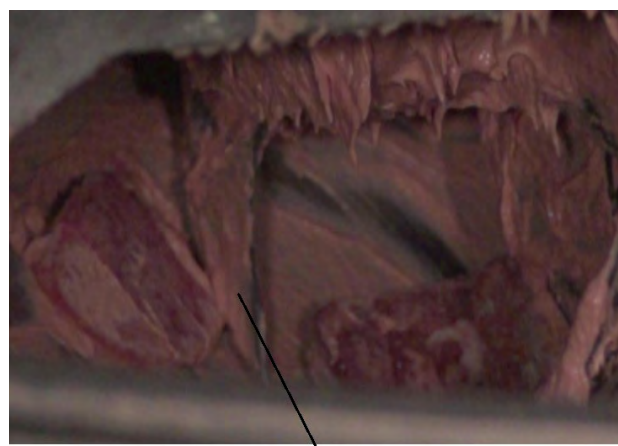
На рис.3.16, а ніж №4 подрібнює частину шматка після чого вона потрапляє під дію ножа №5 (рис. 3.16, б). На наступних рисунках (3.16, в-е) показано, як наступні шматки сировини, що подаються чашею кутера в зону роботи ножової головки подрібнюються по чергово всіма її ножами.

На рис. 3.17 представлено момент удару неподрібненого шматка замороженої м'ясної сировини об нижню сторону ножа кутера. Удар здійснюється за рахунок обертання чаші, а також за рахунок опосередкованої попереднього ножа та інших шматків сировини. Як слідує з результатів відео-спостережень, при ударі шматка сировини ніж зігнувся у бік верхньої сторони на 1-3 мм.



Ніж №4

а)



Ніж №5

б)



Ніж №6

в)



Ніж №3

г)



Ніж №2

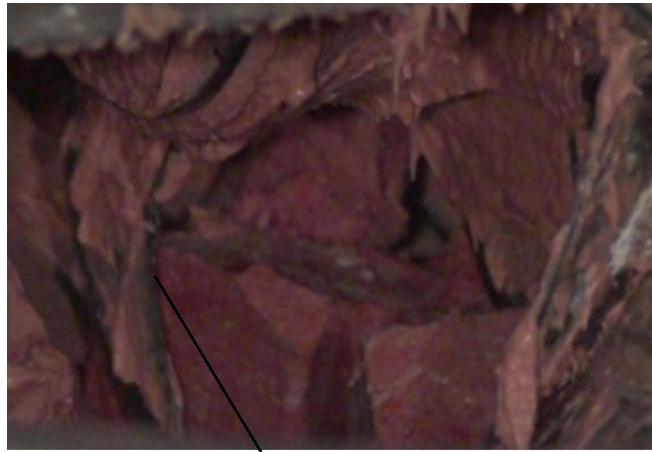
д)



Ніж №1

е)

Рис. 3.16. Кадри відеофіксації руху замороженої кускової м'ясної сировини на початку процесу кутерування



Удар по ножу

Рис. 3.17. Кадр відеофіксації руху замороженої кускової м'ясної сировини на початку процесу кутерування (удар неподрібненого шматку м'ясної сировини по нижній стороні ножа)

Ці дані є важливими для вибору ефективних способів підвищення міцності ножів кутера, оскільки ілюструють, що існує додатковий чинник силового навантаження ножів кутера при їх роботі. Також означений факт висуває таку вимогу до ножа кутера, як достатня в'язкість його корпусу та посадкової частини.

Взаємодія ножів із сировиною на етапі її емульгування показана на рис. 3.18. При цьому на рис. 3.18,а показано подрібнення сировини ножом №1, а на рис. 3.18,б - ножом №2 ножової головки.

Порядок роботи ножів на даному етапі кутерування наступний. В момент, коли ніж №1 починає занурюватись в сировину, в нижній зоні чаші знаходиться ніж №5 ножової головки. Відстань між зрізом сировини та ножом №5 при цьому відповідає відстані між ножами №1 і №5. Ніж №1 зрізає тонкий шар сировини, тоді як ніж №5 проходить зону подрібнення і починає рухатись вгору, виходячи із чаші. Ніж №5 контактує лише кінцем леза із тією сировиною, яка тонким шаром розташована на дні чаші.

Особливо слід відмітити те, що після відрізання ножом №1 шар сировини не лише не подрібнювався, а й взагалі не контактував з ножами №2-6 ножової головки. Даний факт вказує на вкрай непродуктивну роботу ножової головки кутера на етапі емульгування фаршу.



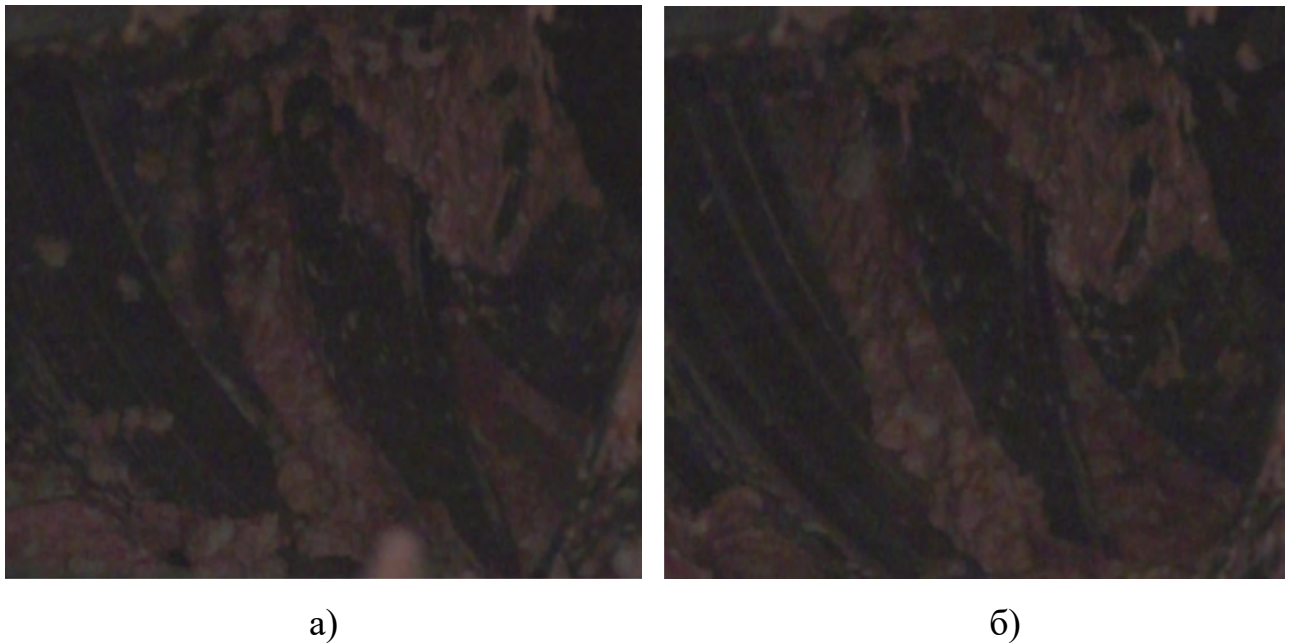


Рис. 3.18. Кадри відеофіксації руху м'ясної сировини на етапі емульгування під впливом 1-го ножа ножової головки кутера

В нижній частині об'єму сировини, яка подається чашею, яскраво видно полосоподібну западину. Вона утворилась після проходження ножа №1 внаслідок винесення частини фаршу вгору разом із ножем №1 за рахунок адгезійної взаємодії з ним. Фарш виноситься всією поверхнею ножа, однак найбільш інтенсивно - кінцем леза, яке має найбільшу лінійну швидкість руху. Це відповідає даним рисунків 3.8-3.10.

Значний інтерес представляють дані щодо характеру руху сировини по виході із зони роботи ножової головки кутера. Як видно з рис. 3.20, сировина після відкидання ножами №1 і №2 з відповідною високою швидкістю (80-100 м/с) вдаряється о стінки чаші в діагональному напрямку. Про це свідчать хвилі фаршу, які видно зліва на рис. 3.19, а.

Далі сировина рухається частково вгору, в кришку ножової головки, а частково, за рахунок високої кінетичної енергії - вдовж поверхні чаші, справа-наліво. Наочно побачити такий характер руху дозволяє спостереження за зміщенням каверни в сировині, що вказана на рис. 3.19, а, б, в, г, д, е.

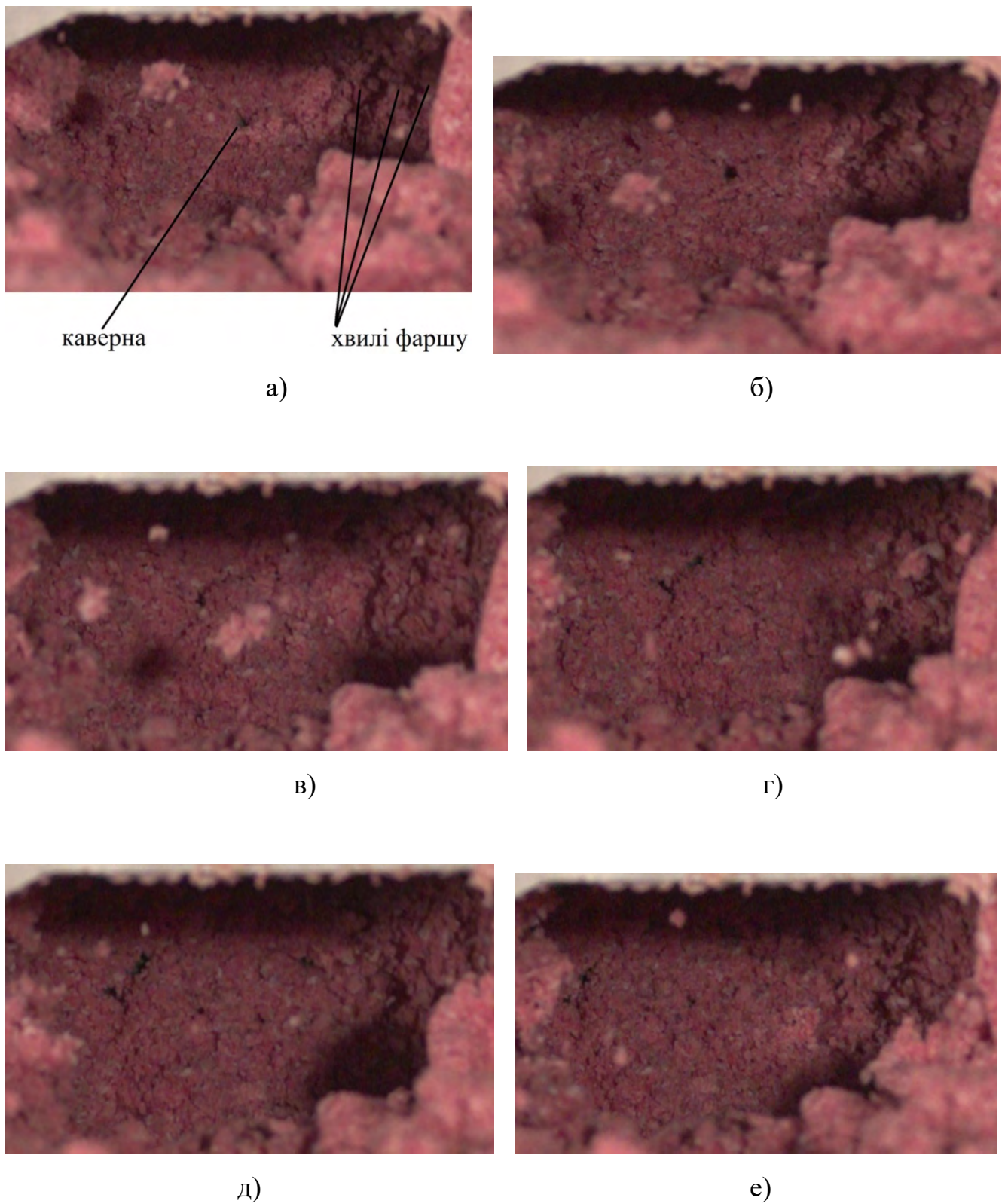


Рис. 3.19. Кадри відеофіксації характеру руху м'ясної сировини по поверхні чаші під впливом ножів ножової головки кутера при високошвидкісному кутеруванні (частота обертання ножів  $50 \text{ c}^{-1}$ )

Вказаний характер руху фаршу свідчить про:

- його високу кінетичну енергію при покиданні зони роботи ножової головки;
- наявність інтенсивного тертя фаршу об стінки чаші, яке є суттєвим фактором додаткового нагріву фаршу.

Більш наочно та цілісно побачити картину руху м'ясної сировини при кутеруванні дозволяє математичне моделювання за допомогою чисельних методів (методику див. в п. 2.2.3).

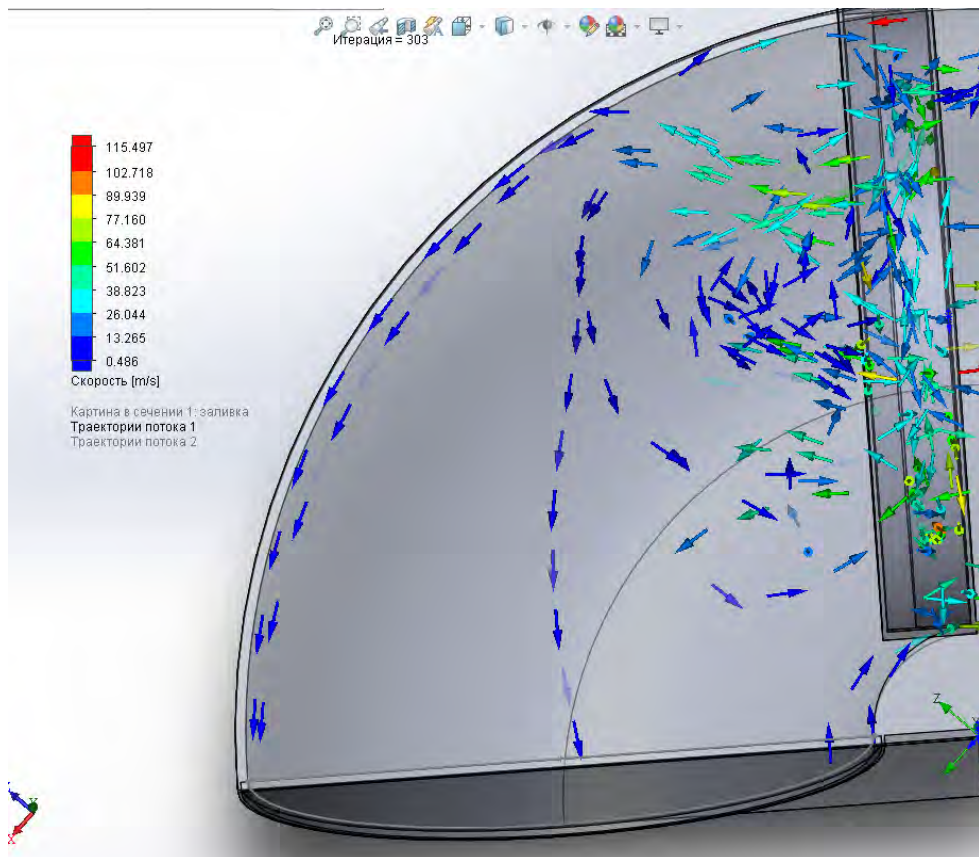
На 3.20, 3.21 показано результати моделювання, які якісно відповідають результатам аналізу високошвидкісної відеозйомки. З них слідує, що потік сировини, який нагнітається ножами №1 і №2 ножової головки виходить із зони подрібнення під кутом  $20^{\circ}$ - $35^{\circ}$  до вісі обертання ножів залежно від частоти їх обертання. Таке значення кута відповідає куту заточування ножів кутера. Далі потік сировини вдаряється об стінку чаші та рухається вздовж її стінок та кришки. Поля розподілення тиску відповідають описаним особливостям гідродинаміки сировини.

Підтвердженням результатів моделювання, може бути фото представлене на (рис. 3.22). Видно, що найбільша кількість сировини наявна в зоні 4 (утворена відкиданням сировини лезами ножів №1 і №2).

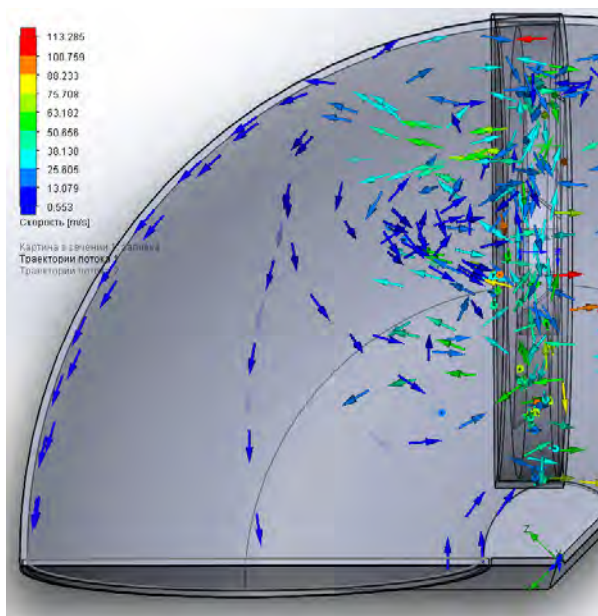
Менша кількість сировини наявна в зоні 1, яка утворена винесенням сировини із зони подрібнення ножами першої площини різання за рахунок сил адгезії. Мінімальна кількість сировини знаходиться в зоні 2, сировина в ній відкинута ножами в площині їх обертання при вибігу (гальмуванні) ножової головки. Характерною є зона 3, в якій сліди сировини відсутні. Це вказує на відсутність відкидання сировини лезами ножів №3-6, на відміну від ножів №1 і №2.

На рис. 3.23 наведено результати відеозйомки процесу перемішування м'ясної емульсії ножем кутера (частота обертання ножів  $12,5 \text{ c}^{-1}$ ).

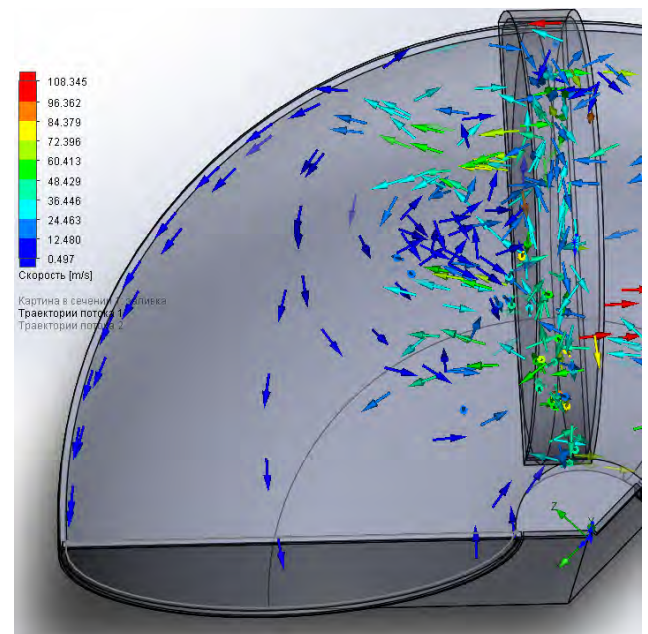
Як слідує з результатів відеоспостережень, процес перемішування м'ясної емульсії ножем кутера має свої характерні особливості.



а)

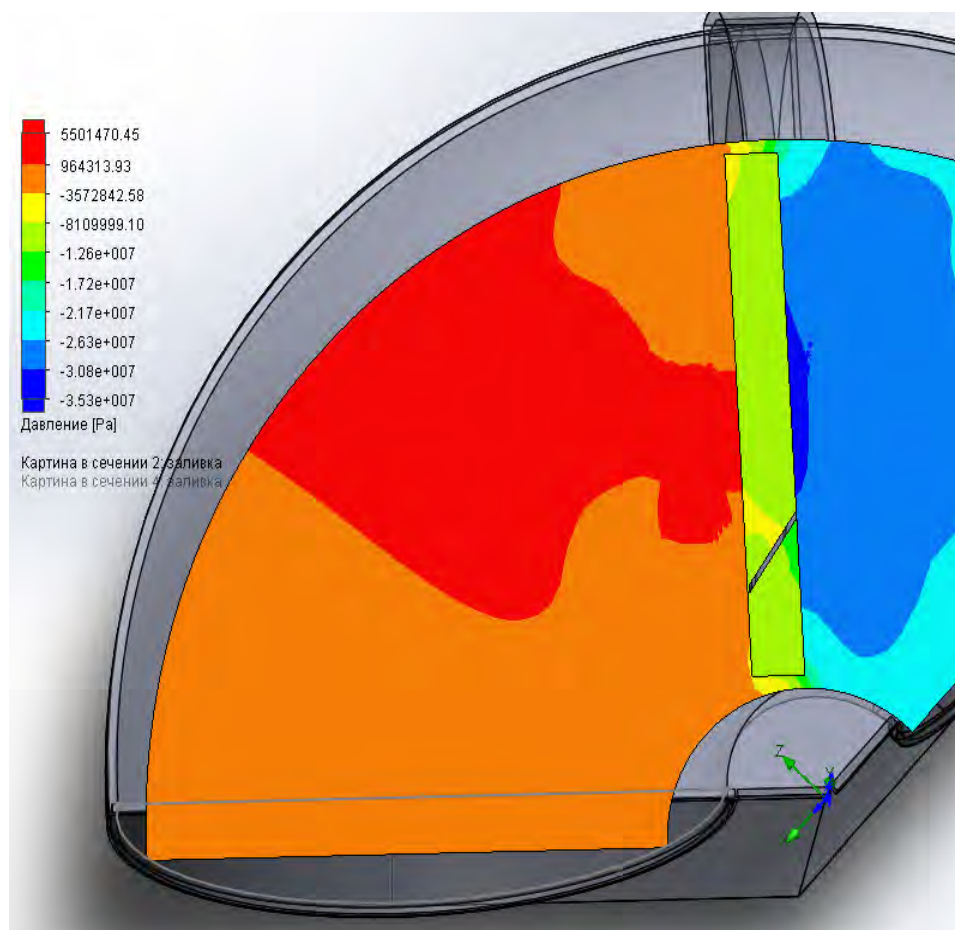


б)

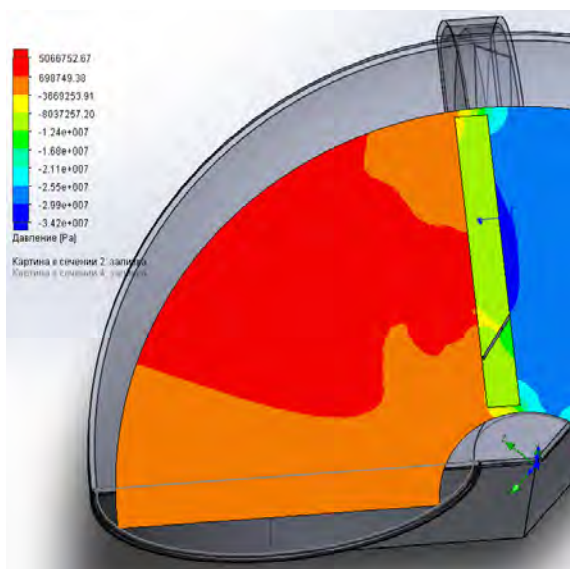


в)

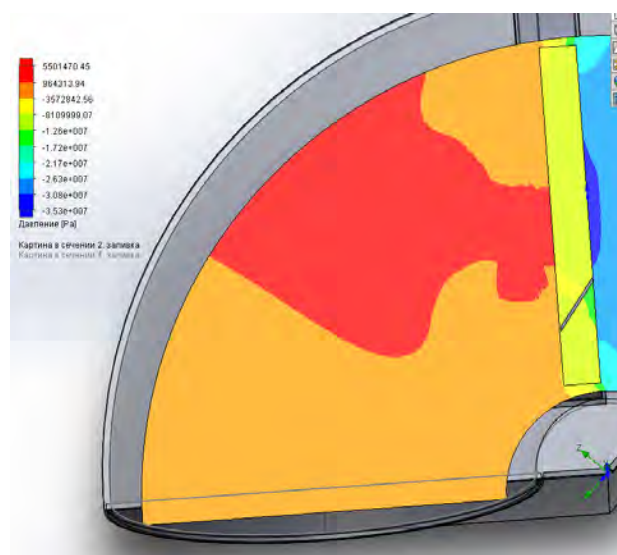
Рис. 3.20. Візуалізація результатів чисельного моделювання кінематики руху м'ясної сировини у внутрішньому об'ємі чаші: а) - при частоті обертання ножів  $50 \text{ с}^{-1}$ ; б) - при частоті обертання ножів  $25 \text{ с}^{-1}$ ; в) - при частоті обертання ножів  $12,50 \text{ с}^{-1}$



а)



б)



в)

Рис. 3.21. Візуалізація результату чисельного моделювання розподілу тиску м'ясної сировини в горизонтальній площині чаші: а) - при частоті обертання ножів  $50 \text{ c}^{-1}$ ; б) - при частоті обертання ножів  $25 \text{ c}^{-1}$ ; в) - при частоті обертання ножів  $12,50 \text{ c}^{-1}$

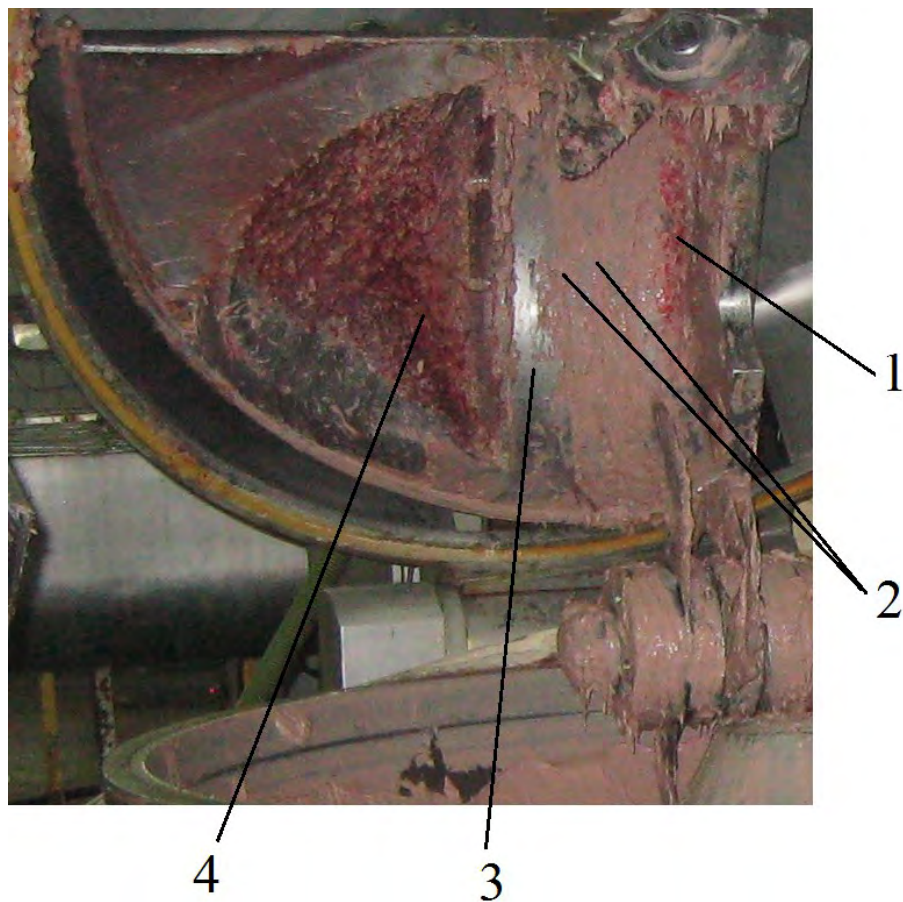


Рис. 3.22.Фотофіксація розподілу сировини по поверхні кришки ножової головки: 1 - сировина, яка винесена ножами першої площини різання із зони подрібнення за рахунок сил адгезії; 2 - сировина, яка відкинута ножами в площині їх обертання при вибігу (гальмуванні) ножової головки; ділянка, на якій відсутні сліди сировини; 4 - сировина, яка відкинута лезами ножів №1 і №2 першої площини різання

Зміщення шарів сировини зкосом ножа відбувається не більше ніж на величину товщини ножа. На рис. 3.23, а, б цей шар позначений №1. Значно інтенсивніше сировина переміщується завдяки контакту з боковими сторонами ножа.

Так на рис. 3.23,в видно як після проходження ножа з'являються шари (хвилі) №2-4. Вони одночасно виконують два рухи - за ножем в площині його обертання та «загортаються» всередину товщі сировини в чаші. Ці процеси показано на рис. 3.23, в-е.

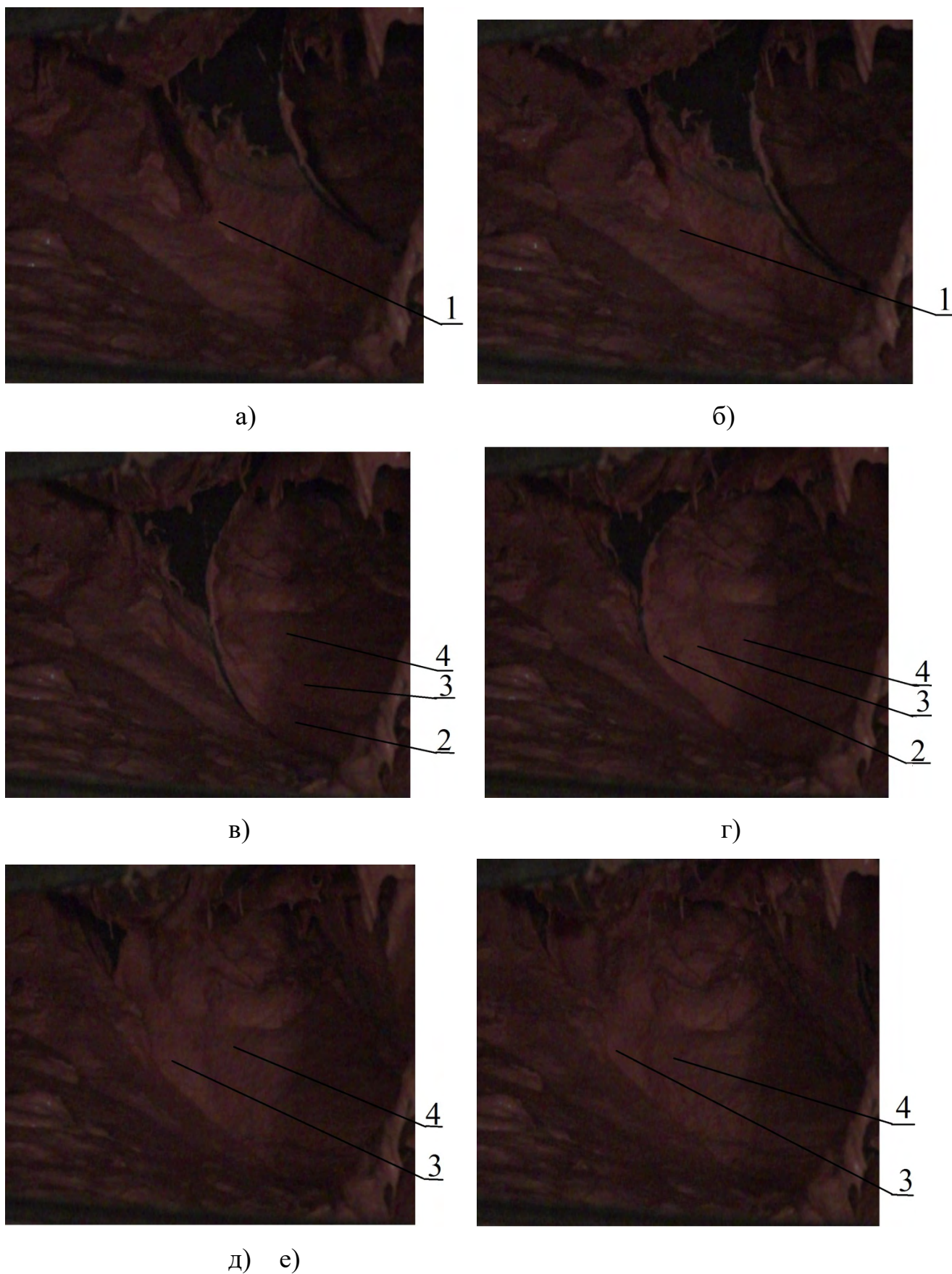


Рис. 3.23. Кадри відео фіксації руху м'ясної сировини (емульсії) при її перемішуванні ножем кутера

На рис. 3.24 наведено спрощену схему руху м'ясної емульсії при її перемішуванні ножом кутера.

Таким чином можливо констатувати, що ефективність роботи окремих ножів ножової головки кутера залежить від кількох чинників:

- агрегатного стану сировини;
- частоти обертання ножів і чаші;
- фази циклу кутерування.

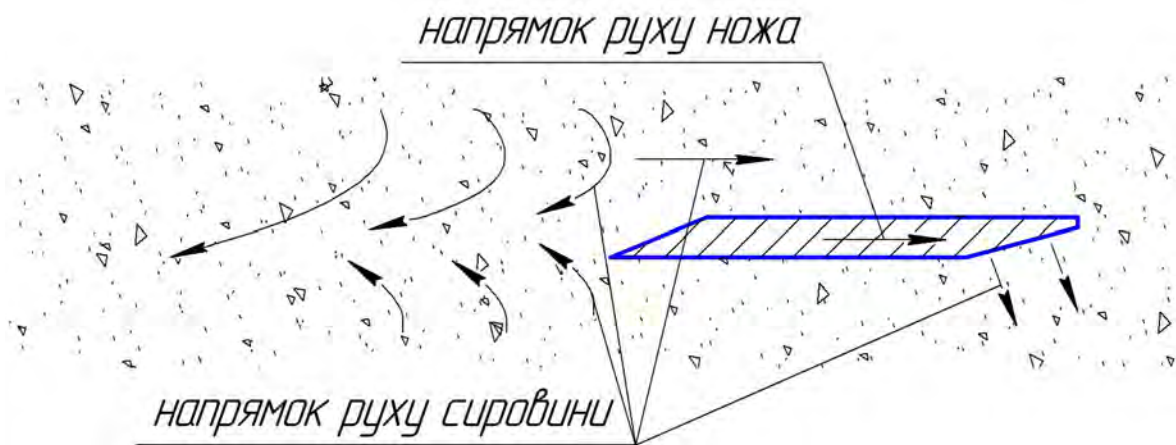


Рис. 3.24. Схема руху м'ясної емульсії при її перемішування ножом кутера

На початку процесу подрібнення замороженої сировини ножі обертаються зі зниженою швидкістю. Це є необхідним для зменшення динамічного навантаження ножів та уникнення випадків їх руйнування при роботі. Однак це, в свою чергу, значно впливає на особливості взаємодії ножів із сировиною - в процесі подрібнення задіяні усі 6 ножів ножової головки. Сировина на даному етапі представляє собою великі шматки вагою 0,5-1 кг.

Вони подаються чашею в зону подрібнення і в самій зоні рухаються доволі хаотично - захоплюються ножами вгору та виконують обертання разом із ними, відкидаються під сусідні ножі, повертаються до попередніх ножів, розрізаються на більш мілкі шматки тощо. В результаті процес подрібнення сировини здійснюється всіма ножами ножової головки. В даному разі можна стверджувати,



що збільшення кількості ножів в ножовій головці буде призводити до зменшення тривалості циклу кутерування, тобто до підвищення продуктивності кутера.

При подальшому перебігу процесу кутерування розмір заморожених шматків сировини зменшується. Їх рух крізь зону подрібнення відбувається, переважно, за рахунок обертання чаші. Подрібнення здійснюється усіма ножами ножової головки.

Кардинально відмінною є гідродинаміка сировини на етапі емульгування фаршу при виготовленні безструктурних ковбасних виробів (варених ковбас, сосисок, сардельок тощо). На цьому етапі кутерування частота обертання ножів збільшується до максимально можливої. Це призводить до виникнення низки характерних ефектів. Процес подрібнення здійснюється, переважно, ножами №1 і №2 першої площини різання. При цьому основну роботу подрібнення виконує ніж №1, який першим занурився в сировину, що подається чашею кутера. Внаслідок високої швидкості руху ножа шар сировини, який відрізається, набуває високої кінетичної енергії і пролітає усю зону подрібнення без взаємодії з ножами №3-6 ножової головки. Далі відрізаний шар сировини гальмується о стінки чаші та о кришку ножової головки, що неминуче призводить до нагріву сировини. При відрізання згаданого шару сировини ніж №1 своєю боковою поверхнею активно взаємодіє із сировиною, яка подається чашею кутера, за допомогою сил адгезії. Це призводить до винесення частини сировини вгору разом із ножем №1 і, як наслідок, до недостатньої кількості сировини перед проходженням ножа №2. Через це ніж №2 подрібнює сировину лише на периферії чаші перед виходом із неї вгору. Цим суттєво зменшується продуктивність кутера. Ножі №3-6 виконують подрібнення лише кінцями своїх лез при проходженні крізь тонкі шари сировини, що налипають на поверхню чаші. Іноді дані ножі подрібнюють частинки сировини, які відриваються від пласти сировини, що відрізається ножем №1 та які завихрюються при його русі крізь зону подрібнення. В результаті із 6-ти ножів ножової головки можна говорити про ефективну роботу 1,5 з них (на етапі емульгування).

Висока кінетична енергія шарів, що відрізаються ножами №1 і №2, призводить до того, що на виході із зони подрібнення утворюється швидкісний потік сировини, який рухається вздовж стінок чаші, а також вгору у вільний об'єм кришки ножової головки. У відомих моделях кутерів кінетична енергія даного потоку корисно не використовується, більш того, на нашу думку означена особливість руху сировини є додатковим фактором нагріву сировини. Як відомо, саме для компенсації нагріву сировини при кутеруванні додається лід або крижана вода, що, в свою чергу, є додатковим фактором збільшення собівартості виробництва ковбасних виробів.

Досліджені особливості гідродинаміки сировини дозволяють пояснити результати вимірювання радіусів закруглення різальних окрайків ножів (див. п. 3.1.2) та визначення продуктивності кутера. Тоді як раніше відомі дослідження [134, 353] вказували на ефективну роботу лише ножів №1 і №2 і не давали пояснень щодо збільшення продуктивності кутера при збільшенні кількості ножів в ножовій головці з двох до шести.

Перемішування рідких фаршів (м'ясних емульсій) має свої характерні особливості. Виявлено, що внесок задньої фаски ножа в процес перемішування вкрай незначний. Процес перемішування здійснюється, переважно, боковими сторонами ножа за рахунок адгезійних сил як при контакті з поверхнею ножа, так і зчепленням структурних фаз емульсії між собою. Даний факт відкриває нові можливості для пошуку ефективних шляхів підвищення міцності ножів кутера та покращення процесу перемішування рідких фаршів.

### **3.1.3 Чисельне моделювання гідродинаміки обтіканні леза ножа м'ясною сировиною**

Задля прийняття обґрунтованих та ефективних конструкторських рішень щодо вдосконалення ножів кутера, зокрема підвищення міцності, необхідно є чітка уява про особливості контакту ножа із сировиною, яка його обтікає під час кутерування.

З метою визначення особливостей гідродинаміки сировини при обтіканні ножів кутера, було проведено [269] числове моделювання руху сировини навколо поперечного перерізу ножа.

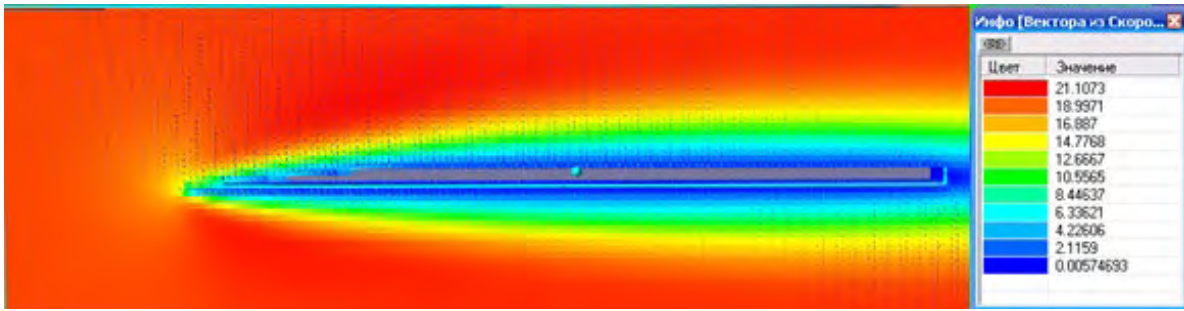
Для моделювання руху м'ясної сировини на етапі її тонкого подрібнення в кутері було застосовано наступні вихідні дані: швидкість руху рідини задавалась в межах від  $v=20\dots 120$  м/с; режим руху рідини – ламінарний; густина рідини  $1050$  кг/м<sup>3</sup>, в'язкість рідини від  $\eta=30$  Па·с (як для емульгування м'ясної сировини на кінцевому етапі процесу кутерування) до  $\eta=700$  Па·с (як для подрібнення кускової м'ясної сировини на початку процесу кутерування). Кут заточки леза ножа -  $5^\circ$  (як усереднене значення кінематичного кута різання ножів, що використовуються на практиці).

В результаті був визначений розподіл значень швидкості та тиску потоку в зонах, де відбувається контакт сировини та леза ножа. Так на рисунку 3.25 представлено розташування векторів швидкості для руху потоку фаршу.

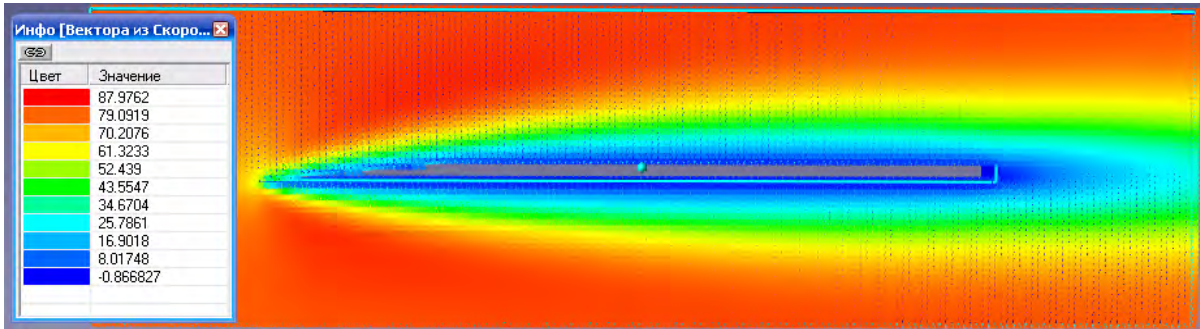
Як слідує з вказаних даних, при обтіканні ножа напрямок руху сировини істотно змінюється - після руху по заточці леза потік спрямовується далі, огинаючи верхню бокову поверхню ножа, проте і та частина потоку, що огинає ніж з низу – також суттєво відхиляється від початкового напрямку після контакту із різальним крайком леза. Граничні шари сировини рухаються зі швидкістю, значення якої прямує до нуля на відстані від поверхні ножа до 2 мм.

Слід відмітити, що згідно результатів моделювання, потік відхиляється з однаковою інтенсивністю як поверх профілю ножа, так і знизу від нього, що можна пояснити високими пружними властивостями кускової м'ясної сировини.

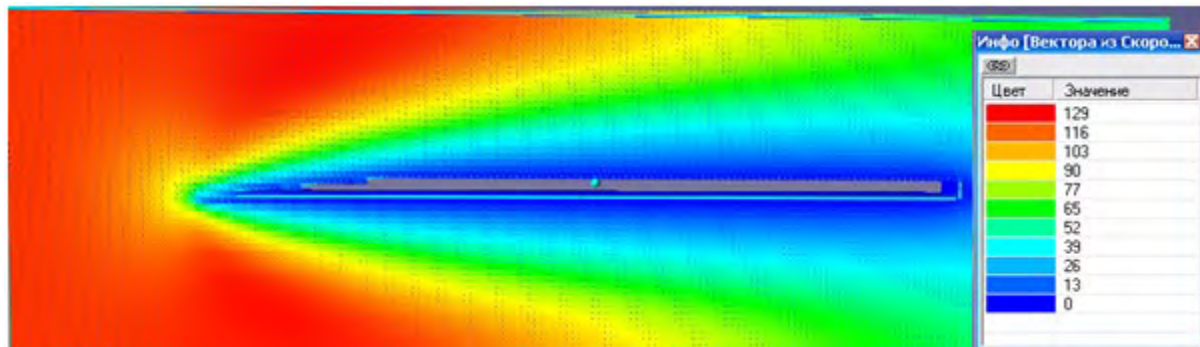
На рис. 3.26 показано розподіл полів тисків навколо перерізу ножа (вісь ординат, відносно якої визначають значення тиску в рідині, розташована горизонтально; значення, що розташовані справа від вертикальних осей абсцис - від'ємні).



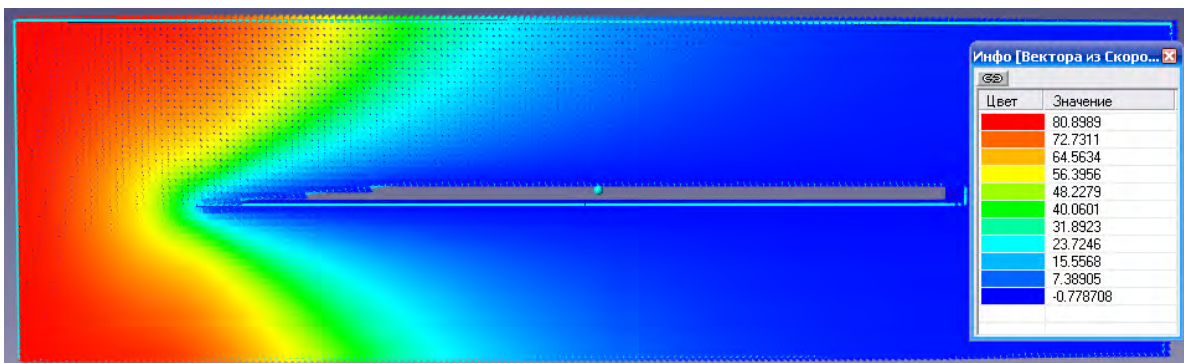
а)



б)



в)



г)

Рис. 3.25. Розподіл швидкостей потоку сировини при обтіканні поперечного перетину ножа: а) - при  $\eta=30$  Па·с,  $v=20$  м/с; б) - при  $\eta=30$  Па·с,  $v=80$  м/с; в) - при  $\eta=30$  Па·с,  $v=120$  м/с; г) - при  $\eta=700$  Па·с,  $v=80$  м/с

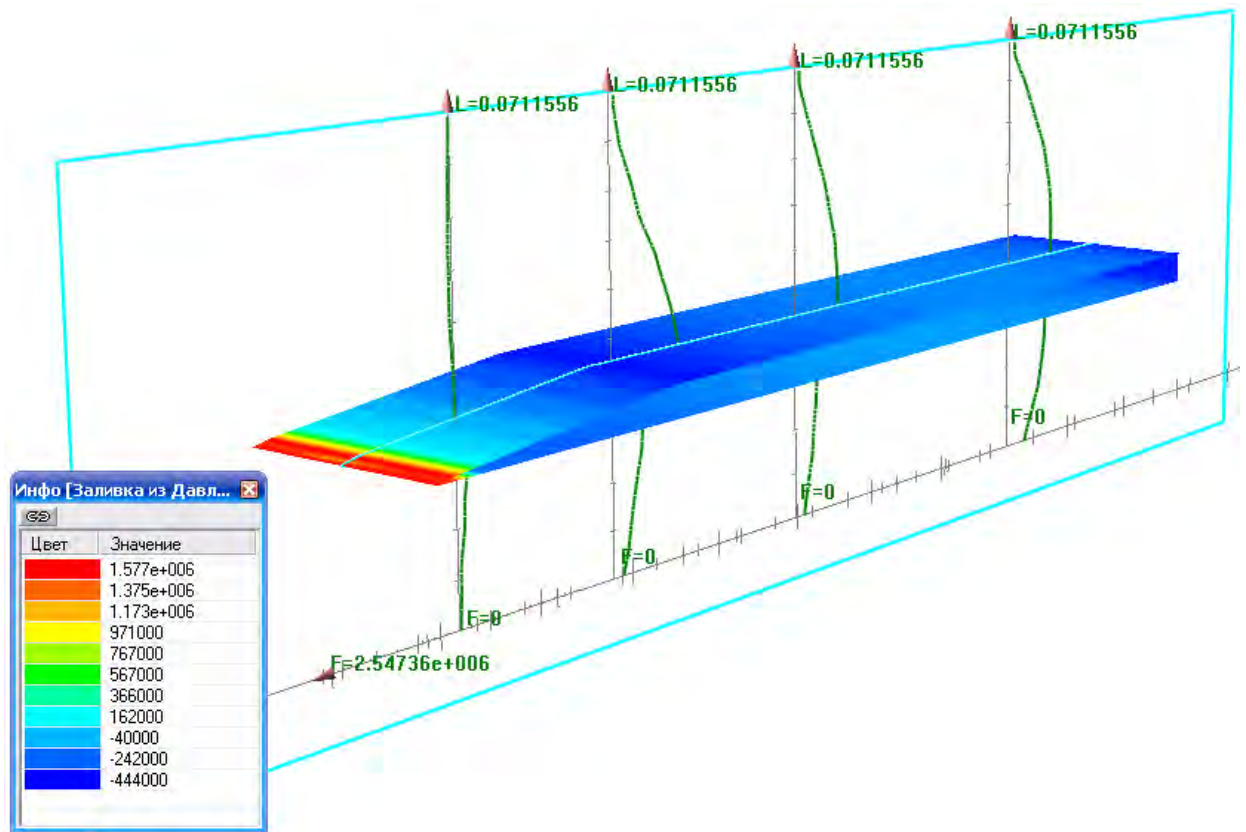


Рис. 3.26. Гідродинамічний тиск на верхню та нижню частину профілю ножа стандартної конструкції, Па (в'язкість 30 Па·с, швидкість різання 80 м/с)

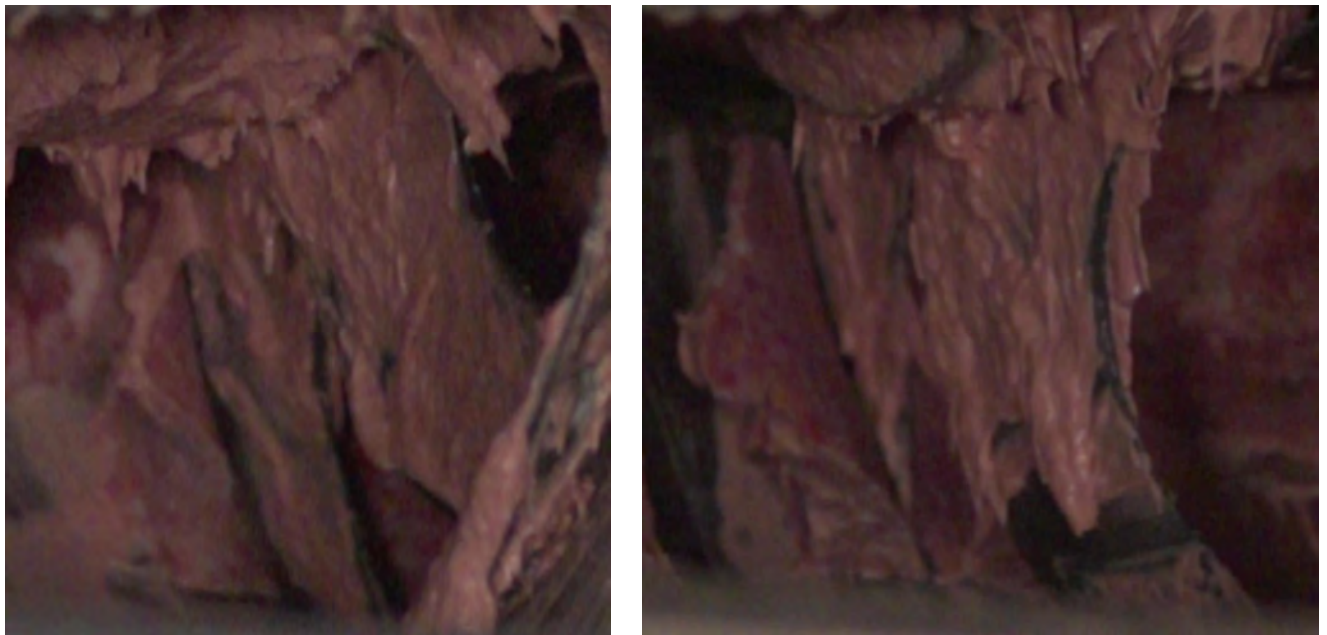
Саме цей режим руху сировини обрано для ілюстрації, оскільки в'язкість 30 Па·с відповідає кінцевій стадії кутерування (фаршу тонкого ступеня подрібнення), а, як було показано вище, мінімальній в'язкості сировини відповідає її мінімальне відхилення від початкового напрямку руху при обтіканні ножа.

Як видно з рис. 3.26, в зонах, що граничать із корпусом ножа, значення тиску в рідині стає від'ємним, що вказує на відсутність її контакту із поверхнею ножа. Натомість на ділянці заточки леза спостерігаються максимальні контактні тиски.

Загалом, за результатами моделювання руху сировини видно, що при обтіканні профілю ножа як на початку кутерування (при в'язкості потоку 700 Па·с), так і в кінці процесу кутерування (при в'язкості потоку 30 Па·с) спостерігається наступне явище.

При обтіканні верхньої частини профілю ножа потік сировини після руху по заточці леза продовжує рухатись, огинаючи верхню горизонтальну сторону ножа, не контактуючи (гідродинамічні тиски стають від'ємними). Це явище спостерігається для усього діапазону лінійних швидкостей різання, що застосовуються на практиці (20...120 м/с).

На рис. 3.27 показані результати визначення характеру обтікання ножа сировиною за допомогою високошвидкісної відеозйомки. З рисунку яскраво видно, що пласт сировини, який відрізаний ножом №1, рухається під значним кутом до зрізу шару сировини, що подається чашею кутера. Більш детально схеми обтікання ножів кутера сировиною за раніше відомими уявленнями та за встановленими результатами досліджень наведено на рис. 3.28.



а)

б)

Рис. 3.27. Характер обтікання ножа сировиною на етапі її емульгування:  
а) - на початку розрізання шматка м'яса; б) - при закінченні процесу розрізання шматка м'яса

Отже, встановлено, що з сировиною контактує поверхня заточки леза ножа та, в деякій мірі, його нижня бокова поверхня, тоді як контакт сировини з верхньою боковою поверхнею на етапі емульгування сировини відсутній.

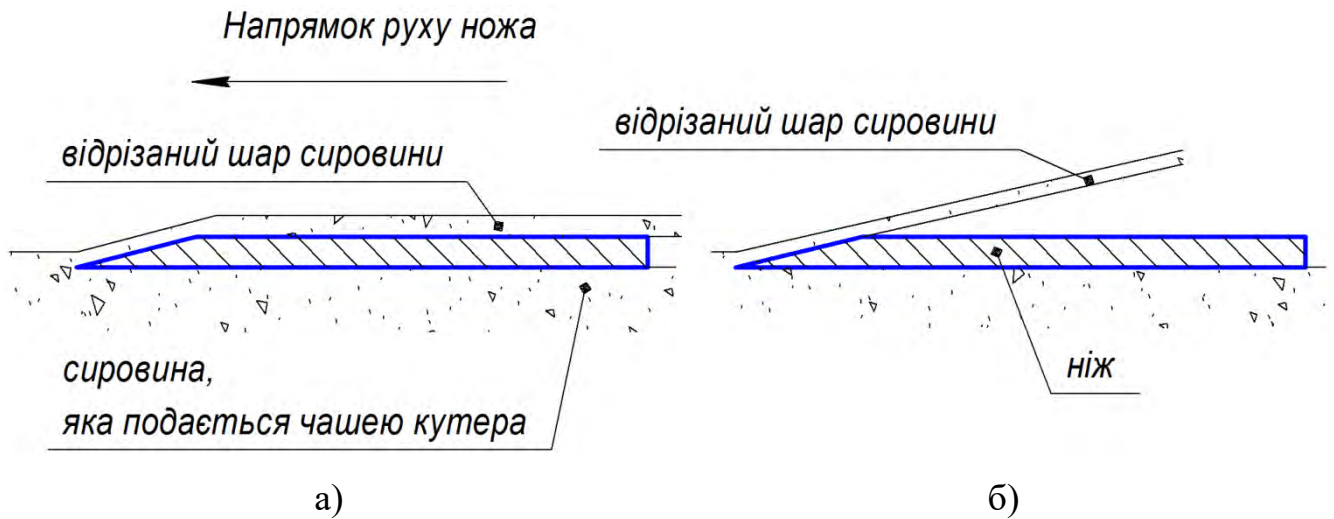


Рис. 3.28. Схеми обтікання сировиною ножів кутера: а) – за раніше відомими уявленнями; б) – за встановленими результатами досліджень

Отримані результати корінним чином змінюють уяву про особливості контакту ножів кутера із сировиною, що може бути підґрунтям до подальшого вдосконалення різального інструменту кутерів.

#### 3.1.4. Термографія робочої зони кутера

Дослідження нагріву поверхонь м'ясної сировини та конструктивних елементів дозволило отримати наступні результати (рис. 3.29-3.34).

Температура поверхні  $t_{нов}$  зовнішньої поверхні кришки ножової головки приймає наступні значення (рис. 3.30, а): в крайній правій циліндричній частині  $t_{нов}=6,5$  °С; в середині циліндричної частини  $t_{нов}=6,4$  °С; в крайній лівій циліндричній частині  $t_{нов}=5,0$  °С; в правій конічній частині  $t_{нов}=4,5$  °С; в лівій конічній частині  $t_{нов}=2,0$  °С. Сировина під кришкою має температуру від  $t_{нов}=-4,3$  °С до  $t_{нов}=0,6$  °С.

Температура  $t_{нов}$  поверхні сировини та елементів станини на вході в зону подрібнення приймає наступні значення (рис. 3.30, б). Найнижча температура сировини при вході в зону подрібнення  $t_{нов}=-5,2$  °С.



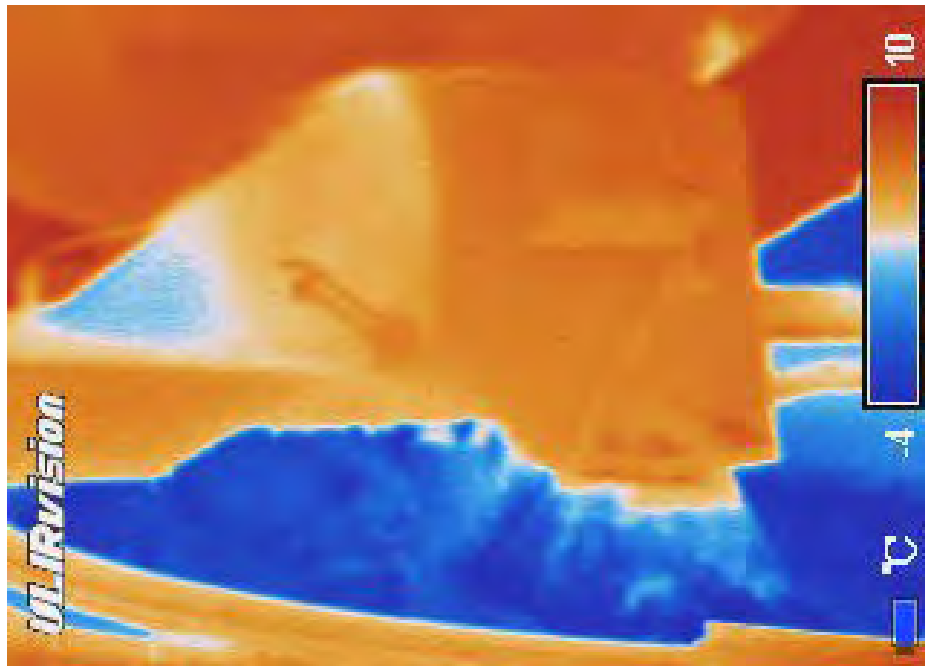
Рис. 3.29. Положення сировини та елементів кутера при їх термографії (вид збоку, кришка ножової головки закрита)

Температура поверхні чаші в нижній зоні  $t_{нов} = -3,0$  °С. Температура поверхні чаші у верхній зоні  $t_{нов} = 2,2$  °С; температура корпусу ножового валу знаходиться в межах  $t_{нов} = 5,4-8,6$  °С; температура сировини на виході з ножової головки від  $t_{нов} = -0,3$  °С до  $t_{нов} = -3,0$  °С.

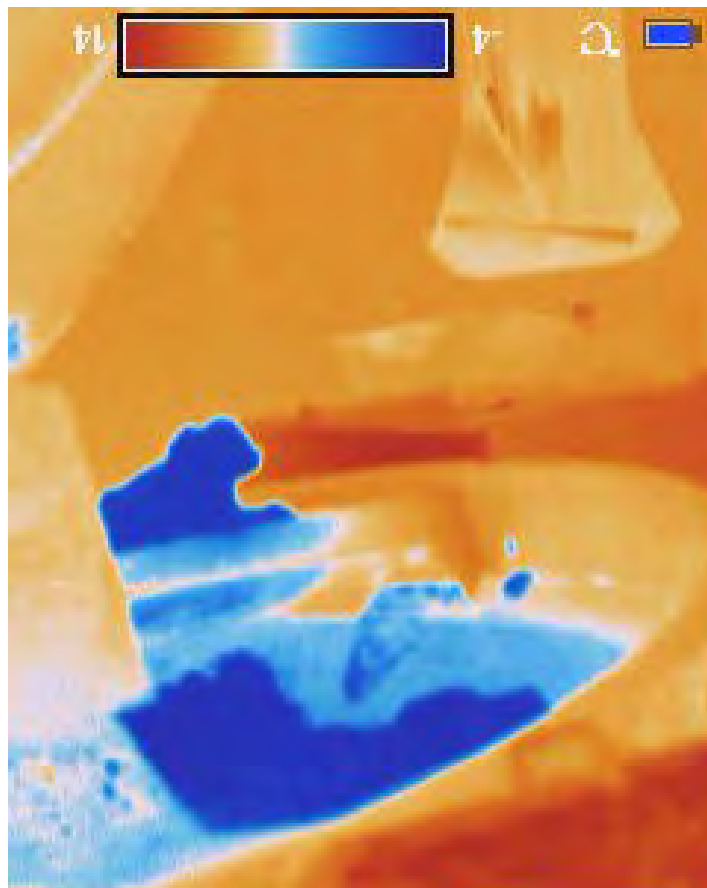
Значний інтерес представляють дані, які наведені на рис. 3.31. Як видно з рис. 3.31, а, значення температури сировини змінюються відповідно до зміни радіусу розташування точок вимірювання: максимальна температура спостерігається на серединному радіусі обертання в точці 1,  $t_{нов} = 11,2$  °С; середнє значення - в точці 2,  $t_{нов} = 11,1$  °С; менше значення - в точці 3,  $t_{нов} = 10,9$  °С; мінімальне значення - в точці 4 біля поверхні чаші,  $t_{нов} = 10,2$  °С.

На рис. 3.31, б наведено аналогічні дані при подальшому русі сировини разом із чашею: максимальна температура - на серединному радіусі обертання,  $t_{нов} = 11,4$  °С; менше значення - біля центру чаші,  $t_{нов} = 11,1$  °С; мінімальне значення - на зовнішньому радіусі обертання,  $t_{нов} = 10,5$  °С.



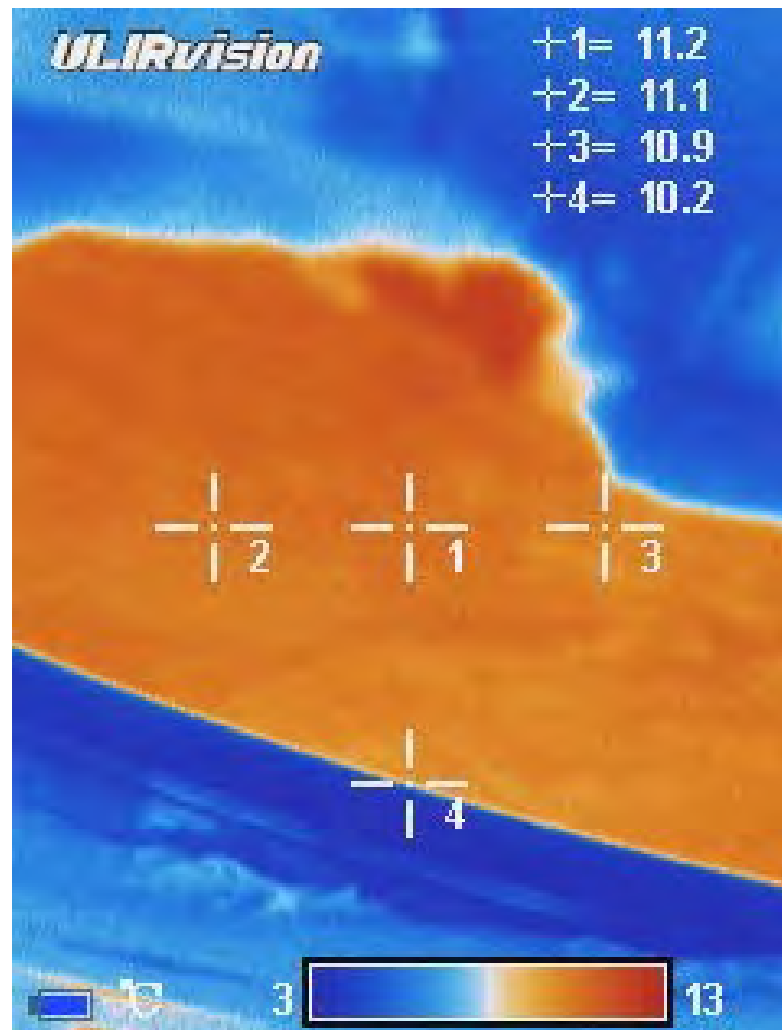


а)

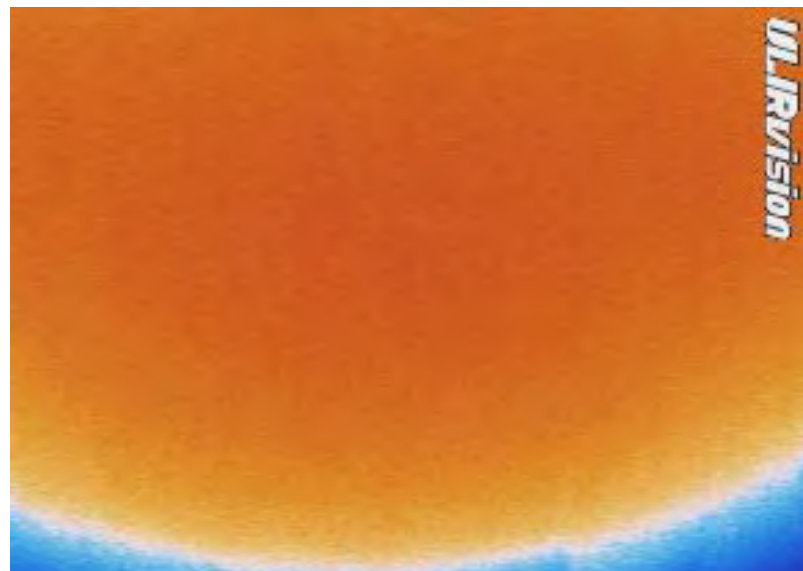


б)

Рис. 3.30. Поля температур сировини та елементів кутера: а) - температура зовнішньої поверхні кришки ножової головки; б) - температура сировини та елементів станини на вході в зону подрібнення



a)



б)

Рис. 3.31. Поля температур сировини під час обертання чаші: а) - при виході із зони подрібнення; б) - при подальшому обертанні чаші

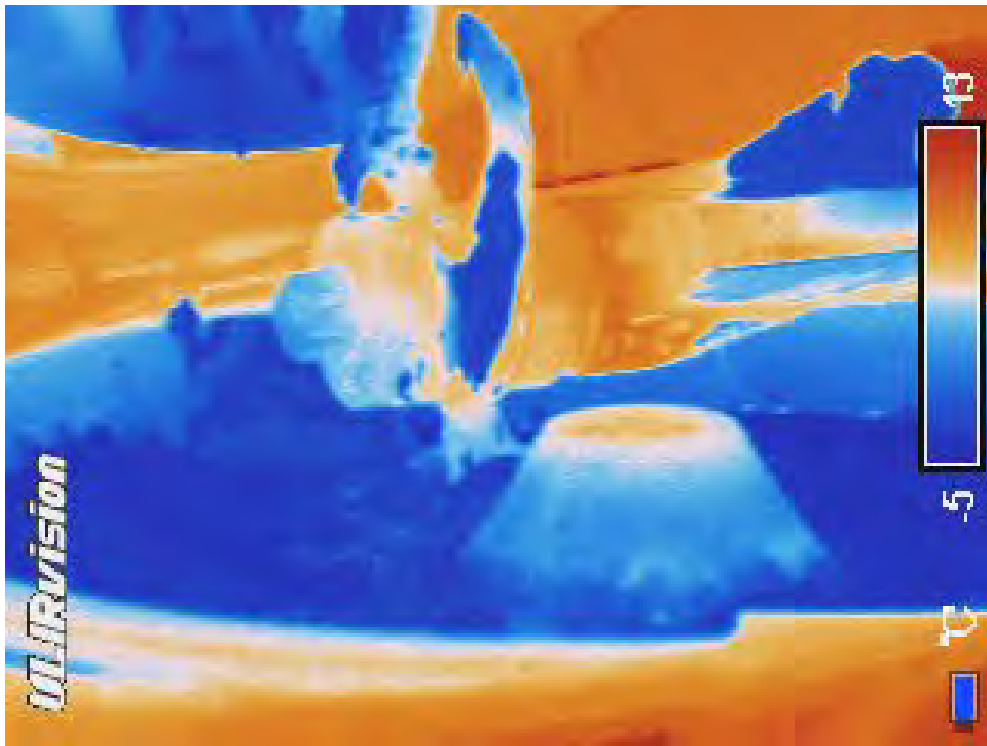


а)

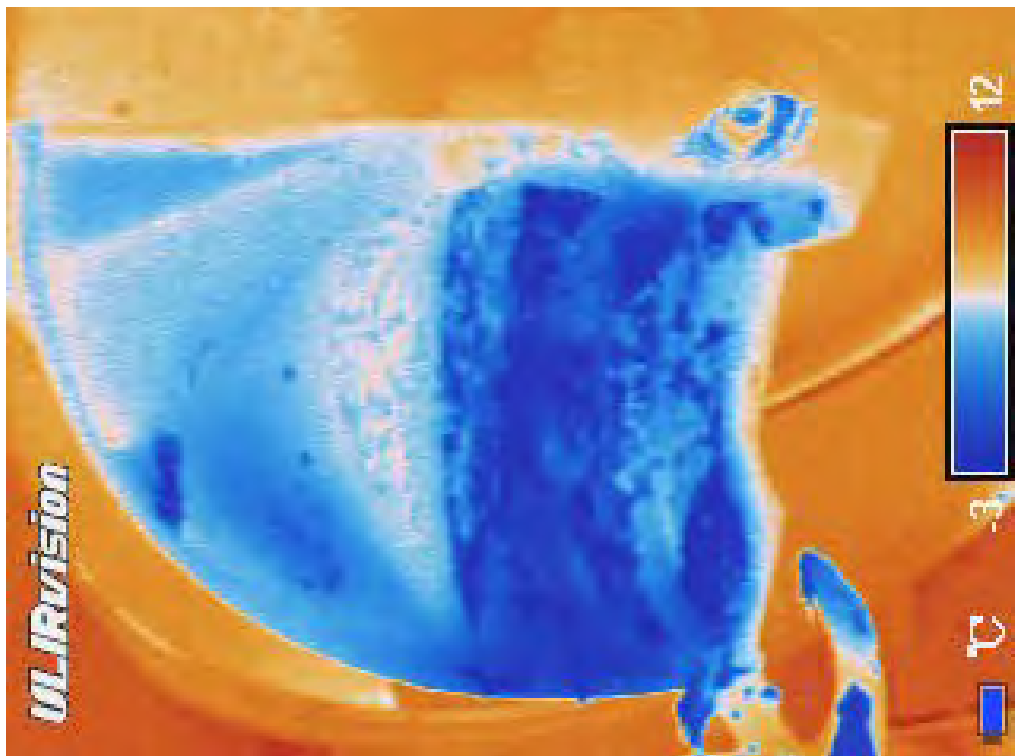


б)

Рис. 3.32. Положення сировини та елементів кутера при термографії та поля їх температур (вид збоку, кришка ножової головки відкрита): а) - загальний вид кутера; б) - температура елементів ножової головки



а)



б)

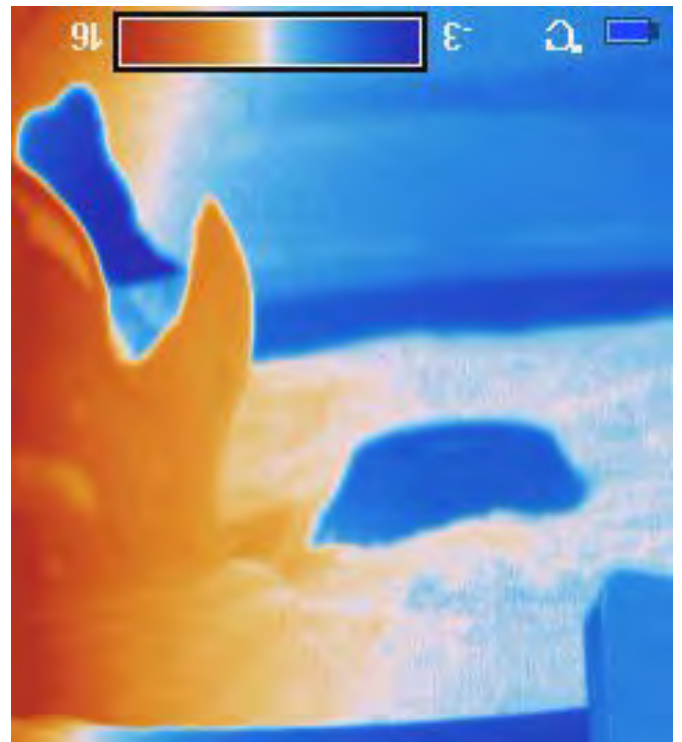
Рис. 3.33. Поля температур при відкритій кришці ножової головки: а) - сировини та елементів кутера; б) - температура внутрішньої поверхні кришки ножової головки



а)



б)



в)

Рис. 3.34. Положення сировини та елементів кутера при термографії та поля їх температур (вид спереду, кришка ножової головки відкрита): а) - загальний вид кутера; б) - температура ножів та сировини на них; в) - поля температур сировини та ножів після зупинки чаші та ножової головки

Якщо зіставити ці результати з результатами дослідження гідродинаміки сировини, то можна дійти наступних висновків.

Найвищу температуру мають ті шари сировини, які були відкинуті ножами ножової головки, пройшли по діагоналі по поверхні чаші, піднялись вгору і по внутрішній поверхні кришки ножової головки були направлені в зону середнього радіусу чаші. Цей потік показано на рис. 3.21 середньою лінією синього кольору. Йому відповідає максимальний тиск (рис. 3.22).

Дещо меншу температуру мають шари сировини, які були відкинуті ножами ножової головки і далі рухались вздовж стінки чаші із тертям по ній. Даний потік показано на рис. 3.21 лінією синього кольору, що розташована зліва.

Мінімальну температуру мають шари сировини, які ножами ножової головки були підняті вгору і по внутрішній поверхні кришки ножової головки потрапили в ту частину чаші, яка обертається на мінімальному радіусі. Цей потік показано на рис. 3.21 лінією синього кольору, що розташована справа біля центрального конусу чаші.

Загалом, це означає, що однією з причин нагрівання сировини при кутеруванні є її інтенсивне тертя по поверхням чаші та кришки ножової головки внаслідок високої кінетичної енергії після відкидання ножами першої площини різання. Даний факт має важливе значення при пошуку ефективних шляхів зменшення нагріву сировини та підвищення продуктивності кутерів.

Як видно з рис. 3.33,б температура ножів при роботі кутера помітним чином не підвищується. Це обумовлено тим, що сировина в чаші кутера знаходиться в охолодженому стані, до того ж в чашу за рецептурою додається лід або крижана вода. Темно-сині ділянки ножів мають температуру  $t_{ноє} = -1,2$  °С, голубі ділянки -  $t_{ноє} = 2,6$  °С, найбільш теплі -  $t_{ноє} = 7,3$  °С. Ножові блоки мають температуру до  $t_{ноє} = 8,5$  °С.

Рисунок 3.33,а дозволяє простежити зміну температури сировини в коловому напрямку чаші по ходу її обертання. Так на виході із зони подрібнення сировина має температуру  $t_{ноє} = -0,1$  °С. Далі по колу температура сировини приймає значення від  $t_{ноє} = -3,0$  °С під кришкою ножової головки до  $t_{ноє} = -5,1$  °С в

правій частині чаші. При цьому при подальшому наближенні до зони подрібнення температура сировини дещо підвищується до  $t_{нов}=-4,0$  °С.

На рис. 3.33,б показана температура внутрішньої поверхні кришки ножової головки. Темно-сині ділянки циліндричної частини кришки(справа) мають температуру  $t_{нов}=-3,5$  °С, блакитні ділянки -  $t_{нов}=-0,6$  °С. Початок конічної ділянки кришки має температуру  $t_{нов}=4,6$  °С, а ліва частина конічної ділянки -  $t_{нов}=-0,2$  °С. Як видно з рисунків 3.33,а і 3.34,б, більшій кількості сировини на кришці відповідає нижча температура цієї ділянки, що пояснюється, знову ж таки, охолодженням до від'ємної температури станом сировини.

На рис. 3.34, б показано температуру поверхні ножів, на яких знаходиться сировина. Результати в цілому відповідають даним рис. 3.33, а. Найхолодніша ділянка має температуру  $t_{нов}=-2,2$  °С, ділянки блакитного кольору -  $t_{нов}=4,8$  °С, найтепліші ділянки -  $t_{нов}=6,4$  °С.

Цікавим є сумісний аналіз рис. 3.34, б і 3.34, в. Загалом робоча поверхня ножів, яка контактує із сировиною, має нижчу температуру в порівнянні з температурою посадочних частин ножів. При цьому температура сировини перед ножовою головкою  $t_{нов}=6,9-7,4$  °С, а після ножової головки -  $t_{нов}=7,4-14,1$  °С.

Аналіз результатів термографії дозволяє зробити висновок про те, що потік сировини після відкидання ножами ножової головки рухається під кутом до вісі ножового валу і гальмується об поверхню чаші та об кришку ножової головки. Це призводить, зокрема, до підвищеного нагріву сировини. Далі потік сировини рухається разом із чашею кутера в напрямку її обертання. Частина потоку піднімається вгору в зоні ножової головки і спрямовується по поверхні кришки ножової головки до центрального конусу чаші. Все означене розкриває нові шляхи підвищення продуктивності кутера та зменшення шкідливого нагріву сировини під час кутерування.

## 3.2 Гідродинаміка сировини в процесі її подрібнення у вовчку

### 3.2.1 Особливості подачі м'ясної сировини в різальний вузол шнеком вовчка

На першому етапі досліджень особливості подачі м'ясної сировини в зону подрібнення шнеком вовчка вивчали [260] шляхом визначення впливу положення лез ножа в коловому напрямку відносно кінця витка робочого шнека на ефективність роботи цих лез. Визначити розмір внеску окремих лез ножа в загальний процес подрібнення м'ясної сировини може дозволити дослідження величини радіусу закруглення різальних крайків за певний час роботи ножа (методика - див. п. 2.3.3). Після 10 годин роботи ножа були виміряні радіуси закруглення різальних крайків лез.

На рис. 3.35 наведено графічні залежності величини зношування лез ножів (з боку приймальної та з боку вихідної решіток) залежно від номера леза (номер відраховувався від розташування леза відносно кінця останнього витка шнеку).

Отримані під час експерименту дані було апроксимовано методом найменших квадратів лінійною функцією наступного виду:

$$y = a + b \cdot x, \quad (3.13)$$

де  $y$  – значення радіуса закруглення леза, мкм;

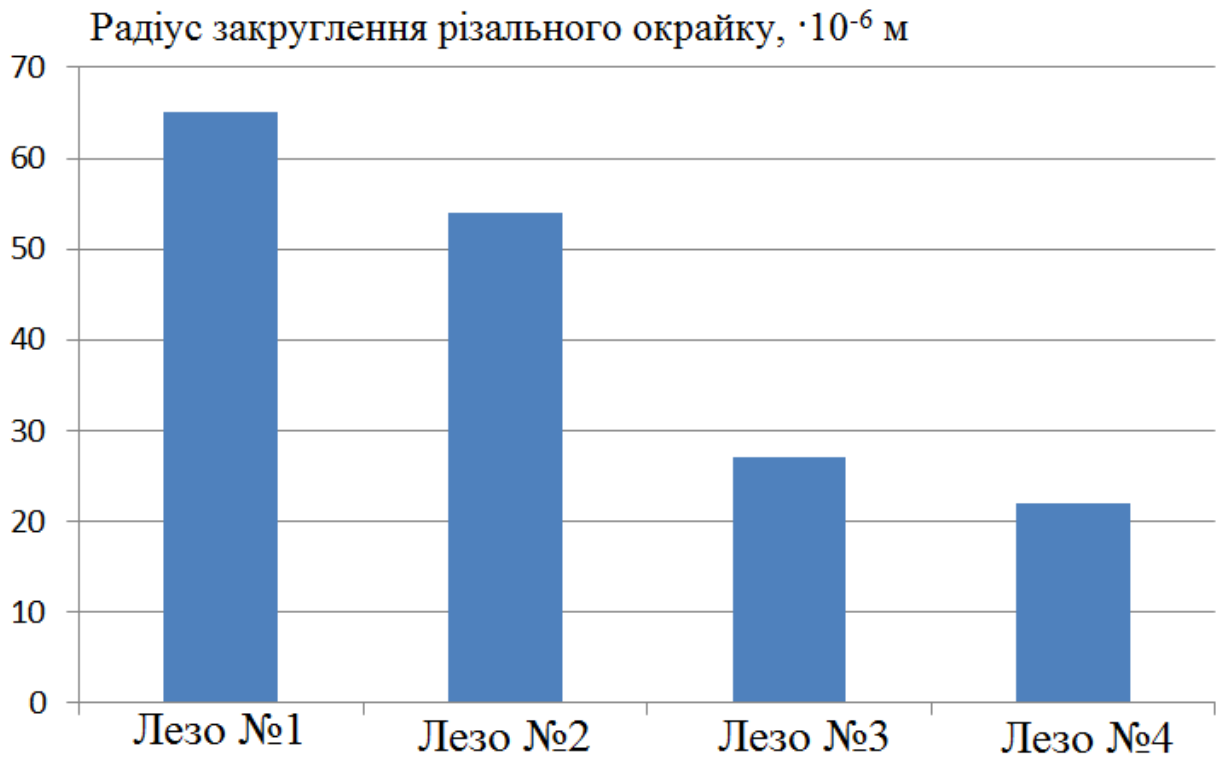
$x$  – номер леза ножа;  $a$ ,  $b$  – коефіцієнти регресії (наведені в табл. 3.3).

Виявлено, що величина зношування для різних лез набуває різних значень. Так, після 10 годин роботи радіус закруглення різальних крайків для лез № 1...4 з боку приймальної решітки становив відповідно: 65,36; 55,00; 27,14; 23,04 мкм. При цьому радіус закруглення різальних крайків лез заточеного ножа становив 20,18 мкм.

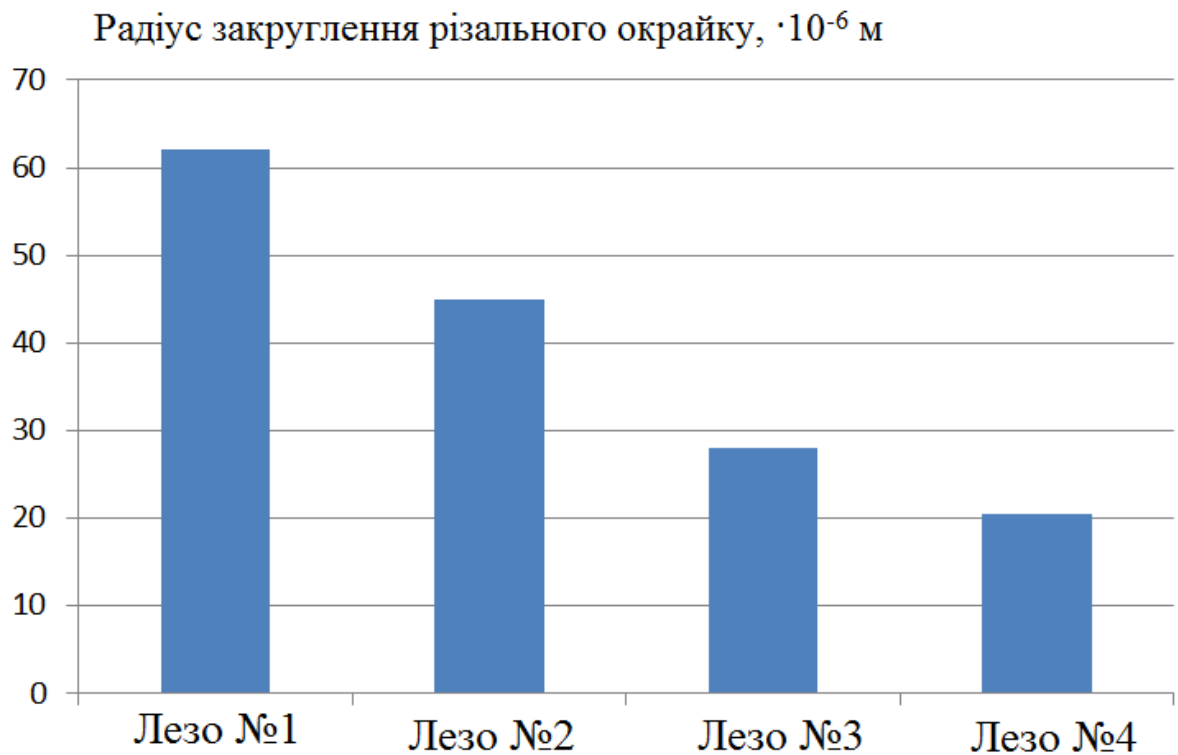
Радіус закруглення різальних крайків лез ножа від вихідної решітки набув дещо менших значень – відповідно 61,78; 45,36; 26,43; 20,71 мкм.

Як слідує з рисунків, величини зношування різних лез істотно відрізняються між собою. Максимальне зношування від приймальної решітки спостерігається для леза № 1, різальний крайок якого розташовано найближче до кінця останнього витка шнека м'ясорізального вовчка.





а)



б)

Рис. 3.36. Залежність радіусу закруглення різального крайку лез ножа вовчка МП-160 з боку: а) – приймальної решітки; б) – з боку вихідної решітки

Дещо менша величина зношування відмічається для леза № 2, яке також розташоване в зоні наближення кінця витка шнека до приймальної решітки. Леза № 3 і 4 істотно менше зношені, причому найменший радіус закруглення спостерігається для різального крайку леза № 4. Збільшення радіуса закруглення для лез № 3 і 4 відносно заточеного відбувається лише на 2,6 і 30,8% відповідно, тоді як для лез № 1 і 2 – на 124,7 і 206,1% відповідно.

Таблиця 3.3

**Радіус закруглення різальних крайків лез ножа вовчка МП-160**

№ з/п	Сторона ножа	Номер леза	Діаметр відбитка, поділок	Радіус відбитка, поділок	Радіус відбитка, мкм	Збільшення радіуса закруглення леза $\Delta Z, \%$
1	Ніж заточений	1	2,26	1,13	20,18	-
2	Леза з боку вихідної решітки після 10 годин напрацювання	1	6,93	3,46	61,78	206,15
		2	5,09	2,54	45,36	124,78
		3	2,96	1,48	26,43	30,79
		4	2,32	1,16	20,71	2,63
3	Леза з боку приймальної решітки після 10 годин напрацювання	1	7,33	3,66	65,36	223,88
		2	6,16	3,08	55	172,55
		3	3,04	1,52	27,14	34,49
		4	2,58	1,29	23,04	14,17

Результати, одержані під час досліджень [260, 272, 274], пояснюються тим, що нагнітання м'ясної сировини до різального вузла кожної миті відбувається не по всій робочій площі решітки, а в межах певної зони, розмір якої залежить від наближення витка робочого шнеку до першої решітки різального вузла.

Збільшення радіусу закруглення різальних крайків від приймальної решітки відносно різальних крайків від вихідної решітки можна пояснити тим, що, як відомо, площа «живого» перерізу приймальної решітки є суттєво більшою, а отже, леза ножа зустрічають на своєму шляху більшу кількість м'ясної сировини.

З боку ж вихідної решітки переважає зношування леза, як елемента пари тертя «ніж-решітка». Це визначає зменшення радіусу закруглення різального крайку. Також певне значення має зміна дисперсності і механічних властивостей м'яса після проходження приймальної решітки та першого ножа.

Для вовчків К6-ФВЗП-200 і АЛ-130 було отримано схожі результати. Коефіцієнти до рівняння регресії (3.13) – наведено в табл. 3.4.

Таблиця 3.4

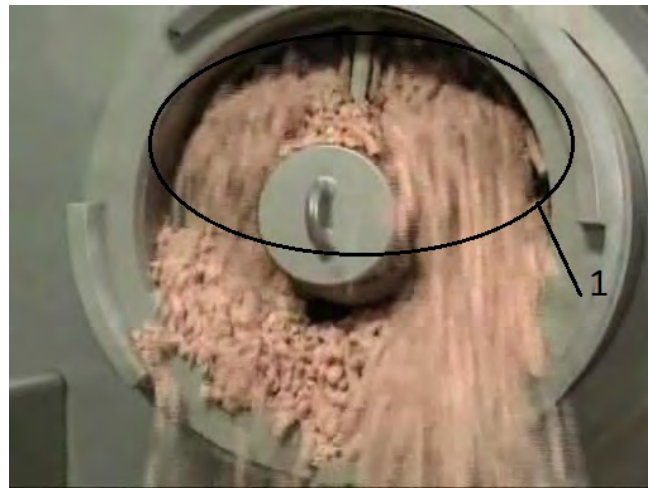
### Коефіцієнти рівняння регресії

Вовчок МП-160								
Коеф. регресії	З боку приймальної решітки				З боку вихідної решітки			
	Лезо 1	Лезо 2	Лезо 3	Лезо 4	Лезо 1	Лезо 2	Лезо 3	Лезо 4
<i>a</i>	16,76	19,52	19,92	15,70	17,72	19,54	20,13	16,03
<i>b</i>	3,42	0,69	0,28	4,52	2,50	0,62	0,05	4,16

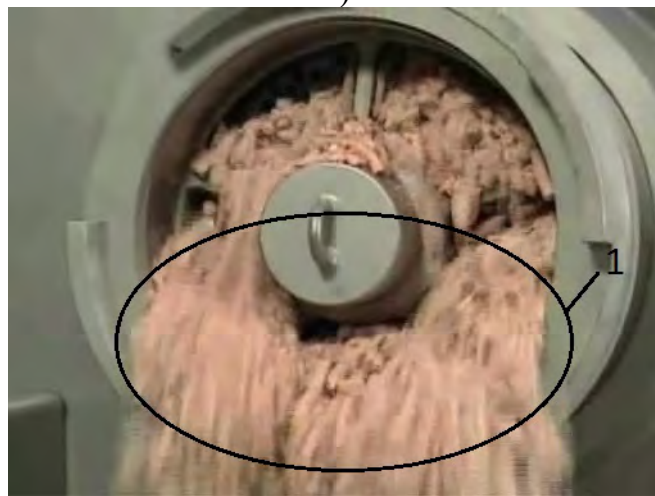
Як слідує з результатів досліджень, різні леза ножа вовчка при використанні однозахідного шнека працюють з різною ефективністю [260, 272, 274]. Ефективна робота лез спостерігається в межах кута 90...120°, який виміряний від кінця спіралі шнека в напрямі обертання ножа вовчка. Означене вказує на недостатньо ефективну подачу м'яса до різального комплексу шнековим ВПС.

За допомогою відеозйомки процесу подачі м'яса шнеком вовчка крізь його РВ встановлено [271] характерні особливості інтенсивності подачі сировини останнім витком шнека.

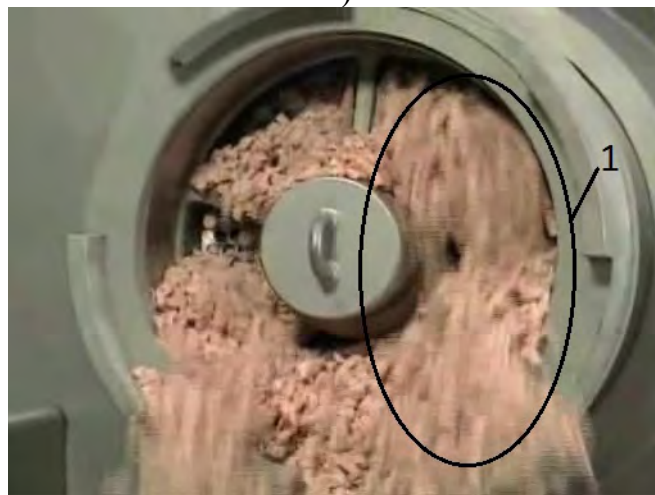
Результати відеозйомки наведені на рис. 3.36, 3.37. На них показано зміну положення зони інтенсивної подачі сировини (зона 1).



а)

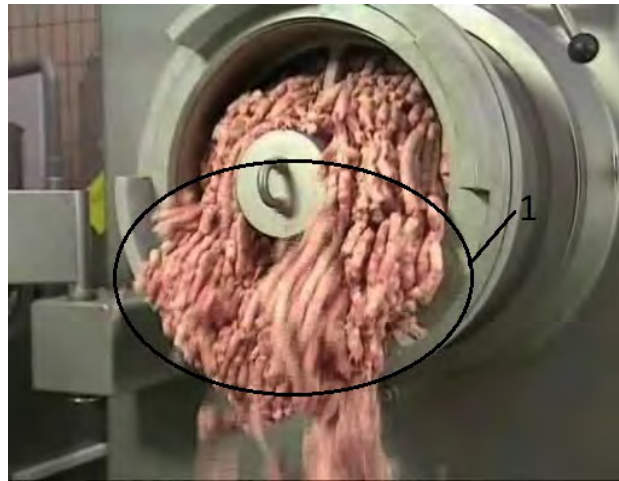


б)



в)

Рис. 3.36. Зміна положення зони інтенсивної подачі сировини 1 при обертанні шнека вовчка (отримання фаршу із замороженої м'ясної сировини)



а)



б)



в)

Рис. 3.37. Зміна положення зони інтенсивної подачі сировини 1 при обертанні шнека вовчка (отримання фаршу з парної м'ясної сировини)

Зона 1 обертається разом зі шнеком вовчка проти годинникової стрілки. Аналогічна картина спостерігається при подрібненні м'ясної сировини різного виду та на різних моделях вовчків.

Спостереження за процесом роботи вовчків та аналіз отриманих відеоматеріалів дали можливість виявити наступну особливість нагнітання м'яса крізь РВ однозахідним шнеком. М'ясна сировина кожної миті подається не по всій робочій площі решіток РВ, а лише в межах певної зони, величина якої залежить від конструктивних параметрів шнека та від структурно-механічних властивостей самої сировини.

Схематично це зображено на рис. 3.38 – подача сировини  $Q$  є максимальною в зоні наближення кінця витка шнека до РВ. В зонах РВ, які відповідають віддаленню поверхні останнього витка шнека від приймальної решітки, подача  $Q$  істотно зменшується та врешті повністю зникає. Отримані результати доводять адекватність прийнятої в роботі гіпотези.

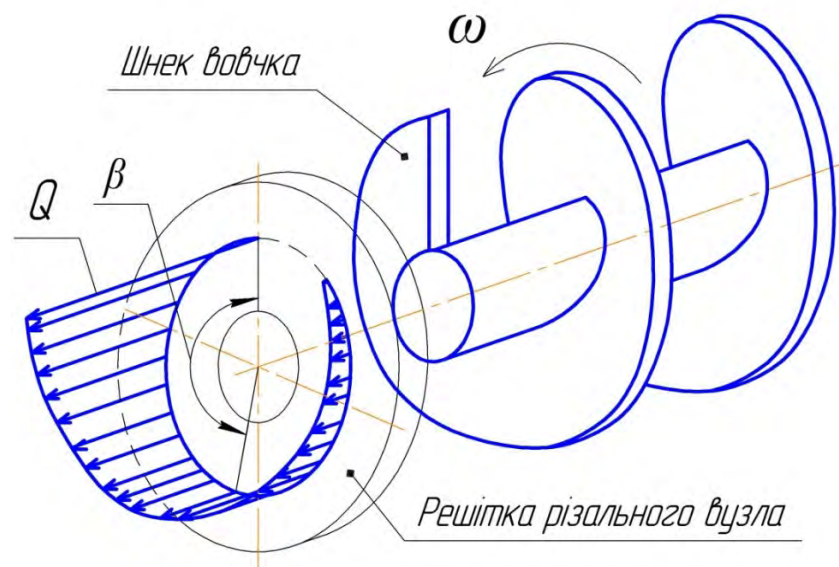


Рис. 3.38 Епюра інтенсивності подачі сировини останнім витком шнека

Задля дослідження впливу конструкції шнека м'ясорізального вовчка на величину кута, який окреслює зону подачі сировини шнеком у РВ, було проведено [288] чисельне моделювання гідродинаміки сировини при обертанні

шнека вовчка. Моделювання проводилось із використанням програмного комплексу FlowVision, який призначений для моделювання тривимірних течій рідини в технічних і природних об'єктах та візуалізації цих течій методами комп'ютерної графіки (рис. 3.39-3.42).

Було обрано тривимірну модель ламінарного руху в'язкої рідини, яка базується на рівняннях Нав'є–Стокса та суцільності середовища:

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \nabla) \cdot \vec{v} = \frac{1}{\rho} \nabla p + \frac{1}{\rho} \nabla (\mu \nabla \vec{v}) + \vec{S},$$

$$\operatorname{div} \vec{v} = 0$$

де  $\vec{v}$  – векторне поле швидкостей;  $t$  – час;  $p$  – тиск;  $\rho$  – густина;  
 $\mu$  – динамічна в'язкість;  $\vec{S}$  – масові сили.

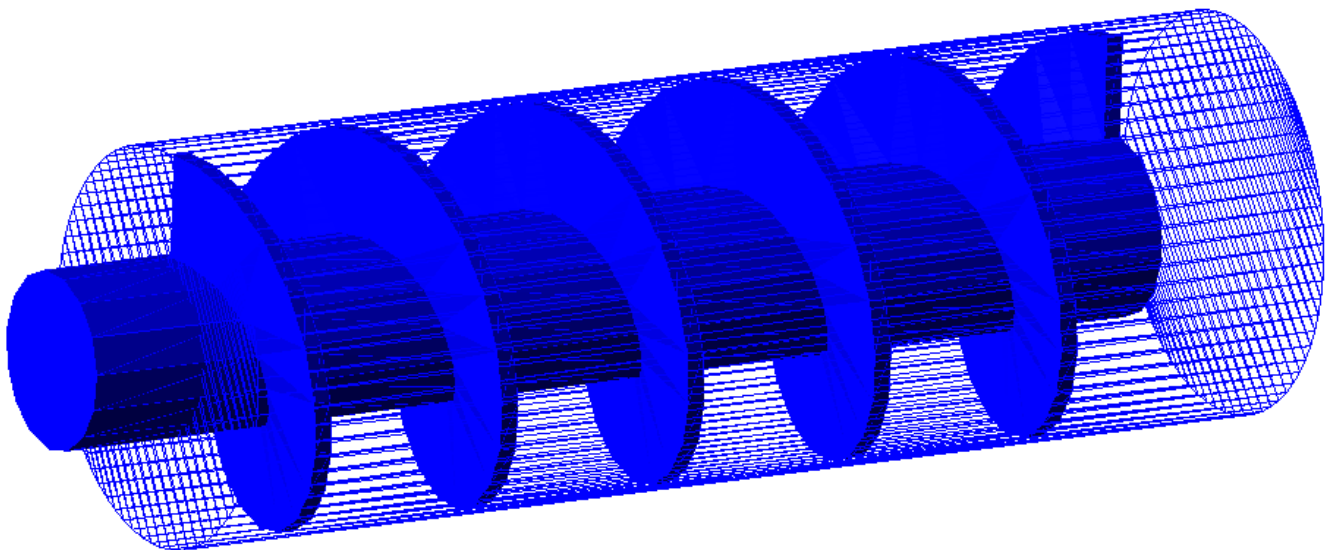


Рис. 3.39. 3D-модель шнеку м'ясорізального вовчка та робочої зони під час моделювання гідродинаміки м'ясної сировини в програмному комплексі FlowVision

Модель також враховує невеликі зміни густини (наближення Бусінеска). Граничні умови задавались наступним чином (у термінах FlowVision):

- на вході в розрахункову область – вхід, нормальна швидкість –  $v_n|_{\text{вх}} = v_0$ ;

- передня грань розрахункової області – вільний вихід –  $p|_{zp} = 0, v|_{zp} = v_\tau|_{zp}$   
при  $(\vec{v}, \vec{n}) > 0, \nabla(v_i, \vec{n})|_{zp} = 0$  при  $(\vec{v}, \vec{n}) \leq 0$ ;

- поверхня шнека – стінка, логарифмічний закон, який враховує значення пісочної шорсткості в мкм,  $-v_n|_{zp} = 0, \tau|_{zp} = \mu \frac{\partial v}{\partial y}|_{v=0}$ ;

- поверхня робочого циліндра – стінка, логарифмічний закон, який враховує значення пісочної шорсткості в мкм,  $-v_n|_{zp} = 0, \tau|_{zp} = \mu \frac{\partial v}{\partial y}|_{v=0}$ ;

Тут  $v_n, v_\tau$  – нормальна і тангенціальна складові вектора швидкості,  $v_i, i=1,2,3$  – проекції вектора швидкості на осі координат,  $\vec{n}$  – вектор нормалі до границі.

Для моделювання було використано такі вихідні дані: частота обертання шнека –  $5 \text{ с}^{-1}$  [303]; режим руху рідини – ламінарний; густина рідини –  $1050 \text{ кг/м}^3$ , в'язкість рідини –  $700 \text{ Па}\cdot\text{с}$  [141]; використовувались тривимірні моделі шнеків, кути підйому витків яких мали значення  $\alpha = 4^\circ; 7^\circ; 10^\circ; 13^\circ; 17^\circ$ .

В результаті моделювання було отримано розподіл значень відносної деформації сировини в зоні останнього витка шнека м'ясорізального вовчка (рис. 3.40), розподіл значень тиску в сировині в зоні останнього витка шнека (рис. 3.41, 3.42). Залежність коефіцієнту стискання сировини в зоні РВ від конструкції шнека та від точки вимірювання в площині, перпендикулярній осі шнека, наведено на рис. 3.43.

Предсталвені на рис. 3.43 криві з достатньою точністю описуються експоненціальним рівнянням регресії виду:

$$y = a \cdot e^{b \cdot x}, \quad (3.14)$$

де  $y$  – значення відносної деформації сировини  $\varepsilon, \%$ ;

$x$  – значення кута  $\beta$ , град.;

$a, b$  – коефіцієнти (табл. 3.5).



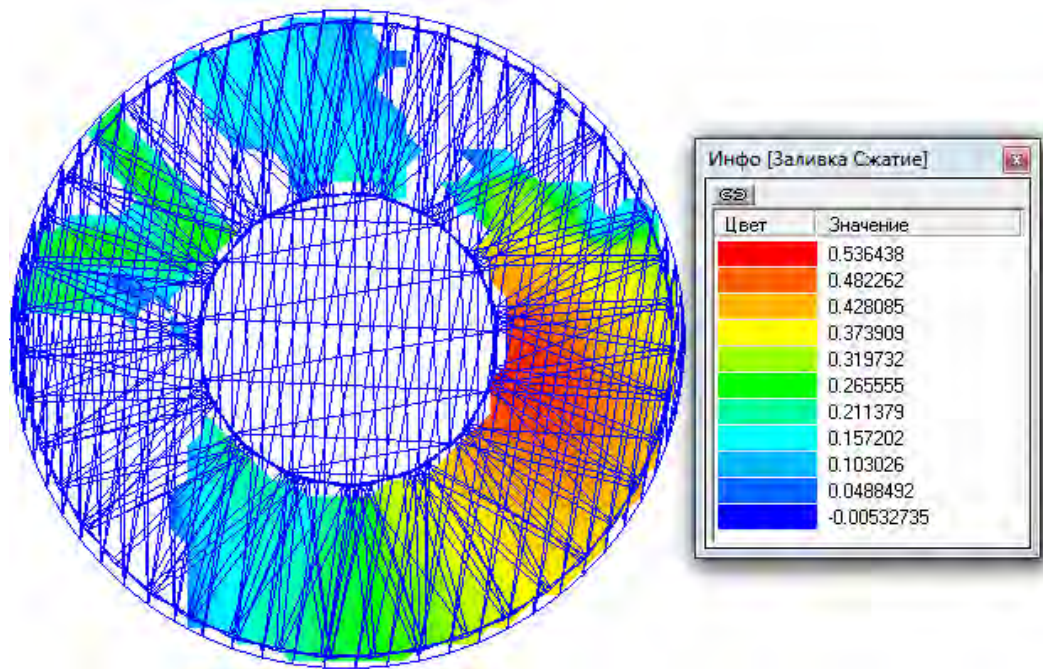


Рис. 3.40. Візуалізація результатів чисельного моделювання розподілу відносної деформації сировини в зоні крайнього витка шнека вовчка

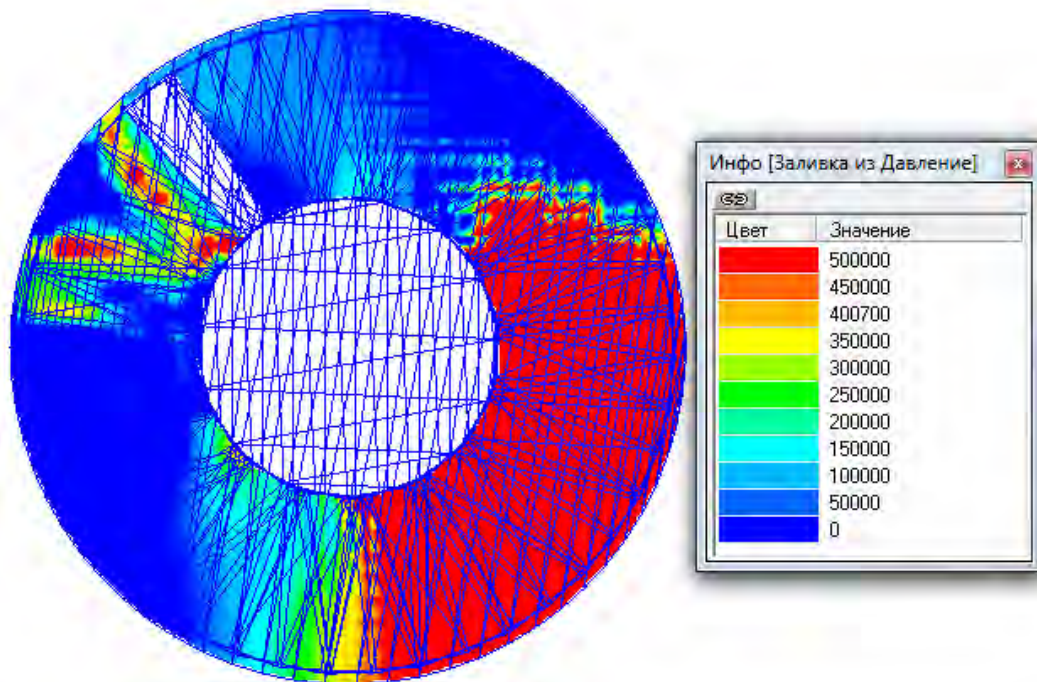


Рис. 3.41. Візуалізація результатів чисельного моделювання розподілу тиску в сировині в зоні крайнього витка шнека вовчка

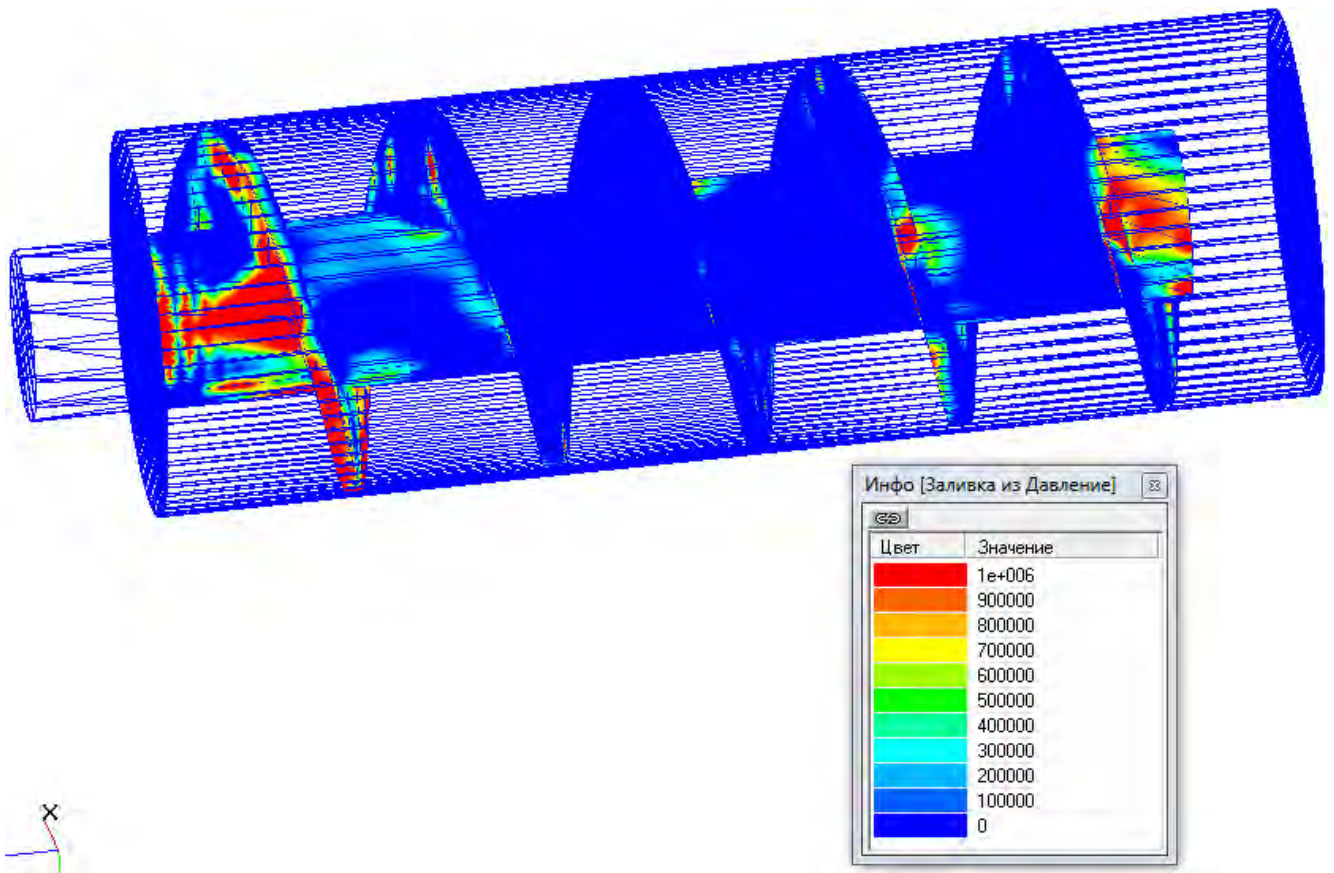


Рис. 3.42. Результати визначення значень тиску в сировині в зоні крайнього витка шнека вовчка за допомогою чисельного моделювання в програмному комплексі FlowVision

Таблиця 3.5

### Коефіцієнти рівняння регресії

Коефіцієнти регресії	Кут підйому витків шнеку				
	$\alpha = 4^\circ$	$\alpha = 7^\circ$	$\alpha = 10^\circ$	$\alpha = 13^\circ$	$\alpha = 17^\circ$
$a$	0,673	0,605	0,508	0,387	0,251
$b$	-0,004	-0,006	-0,008	-0,011	-0,012

Поряд із цим було виявлено наявність втрат сировини крізь зазор між шнеком та робочим циліндром у зворотному напрямі. Встановлено, що тиск у сировині при її русі від бункера до РВ вовчка збільшується нелінійно, меншим відстаням до РВ відповідають вищі значення тиску в сировині.

Загалом, в результаті моделювання [288] було встановлено, що шнекам із меншим значенням кута підйому витків властиві більші максимальні значення відносної деформації сировини в зоні перед різальним вузлом та більші середні значення відносної деформації, які виміряні в площині, що перпендикулярна до вісі шнека.

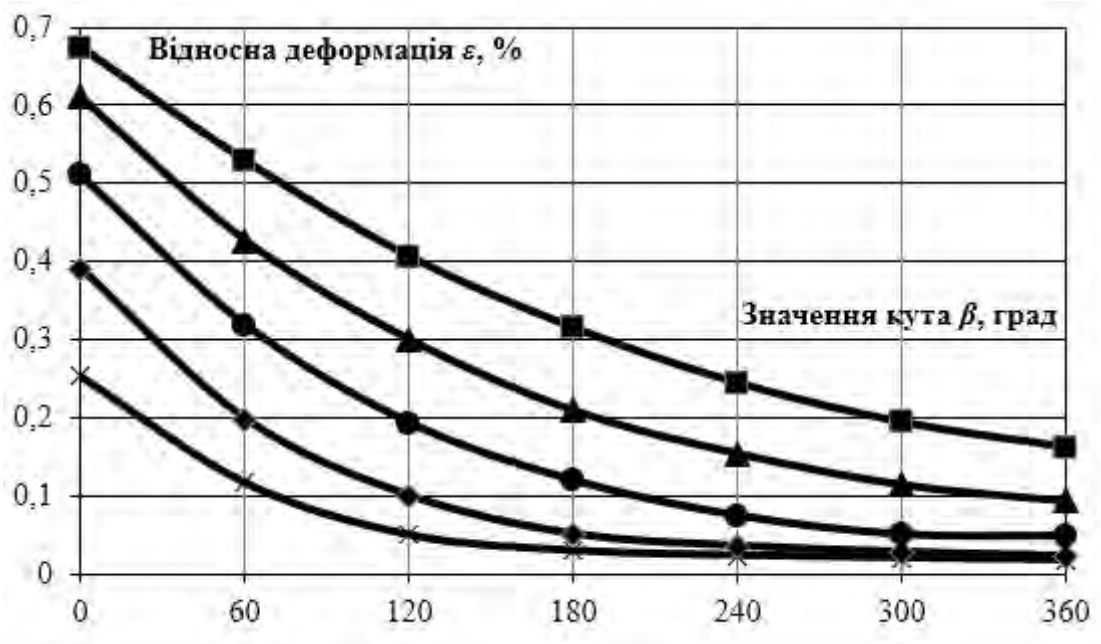


Рис. 3.43. Залежність відносної деформації сировини  $\varepsilon$  від значення кута  $\beta$  для шнеків із кутом підйому витків:  $\times$ — $\alpha=17^\circ$ ;  $\blacklozenge$ — $\alpha=13^\circ$ ;  $\bullet$ — $\alpha=10^\circ$ ;  $\blacktriangle$ — $\alpha=7^\circ$ ;  $\blacksquare$ — $\alpha=4^\circ$

Отримані результати можна пояснити тим, що в зоні останнього витка шнеку з меншим кутом підйому витків сировина знаходиться у більш стисненому стані через поступове її стискання під час руху від бункера вовчка до РВ (за рахунок змінного кроку витків). Ще однією причиною є те, що таким шнекам властиві менші відстані від бокової поверхні останнього витка до входу у РВ.

Одержані результати відповідають результатам відеозйомки процесу руху сировини крізь РВ вовчка. Розроблені математичні моделі вовчка можна застосовувати при обґрунтуванні конструктивних параметрів шнеків під час їх проектування.

### 3.2.2 Математичні моделі для розрахунку впливу конструктивних параметрів робочих органів вовчка на його продуктивність

Призначення математичної моделі [5] процесу подачі м'ясної сировини до різального вузла м'ясорізального вовчка полягає у допомозі в дослідженні інтенсивності подачі сировини в різних зонах робочої площі решіток різального вузла, а також у підвищенні точності аналітичного визначення продуктивності вовчка під час проектування.

Математична модель повинна мати можливість описувати процес подачі сировини в циліндрі вовчка під дією обертового шнека, а також враховувати вплив конструктивного виконання РВ на процес подачі сировини.

На рис. 3.44 зображено розрахункову схему м'ясорізального вовчка. Він складається з горизонтального циліндру 1, в якому розташовано шнек 2. Сировина в робочий циліндр 1 потрапляє з бункера 3, а виходить з робочого циліндра крізь РВ 4, в якому і відбувається подрібнення сировини.

Під час побудови математичної моделі [5] застосовано підхід, аналогічний [367], і виходили з наступних міркувань (рис. 3.44). Продуктивність вовчка визначається, головним чином, подавальною здатністю шнека, який утворює основний потік сировини  $Q_{осн.}$  крізь РВ. При відсутності РВ на виході з робочого циліндра продуктивність вовчка набувала б максимального значення (прийнято, що сировина з бункера на робочий шнек вовчка надходить повсякчас, отвори решіток РВ не забиваються сировиною, решітки та ножі загострені належним чином тощо). Однак до зниження продуктивності призводять наступні основні чинники.

Наявність решіток і ножів у РВ та їх відповідні геометричні параметри призводять до виникнення гідравлічного опору різального вузла  $P_{р.в.}$ , який перешкоджає вільному витіканню сировини з робочого циліндра під дією тиску, який утворюється шнеком. Через це утворюються зворотні потоки м'ясної сировини, які характеризують втрати продуктивності: крізь зазор між зовнішньою

поверхнею витків шнека та внутрішньою поверхнею горизонтального циліндра  $Q_{в.з.}$ ; вздовж гвинтового каналу шнека поміж його витками  $Q_{в.к.}$ .

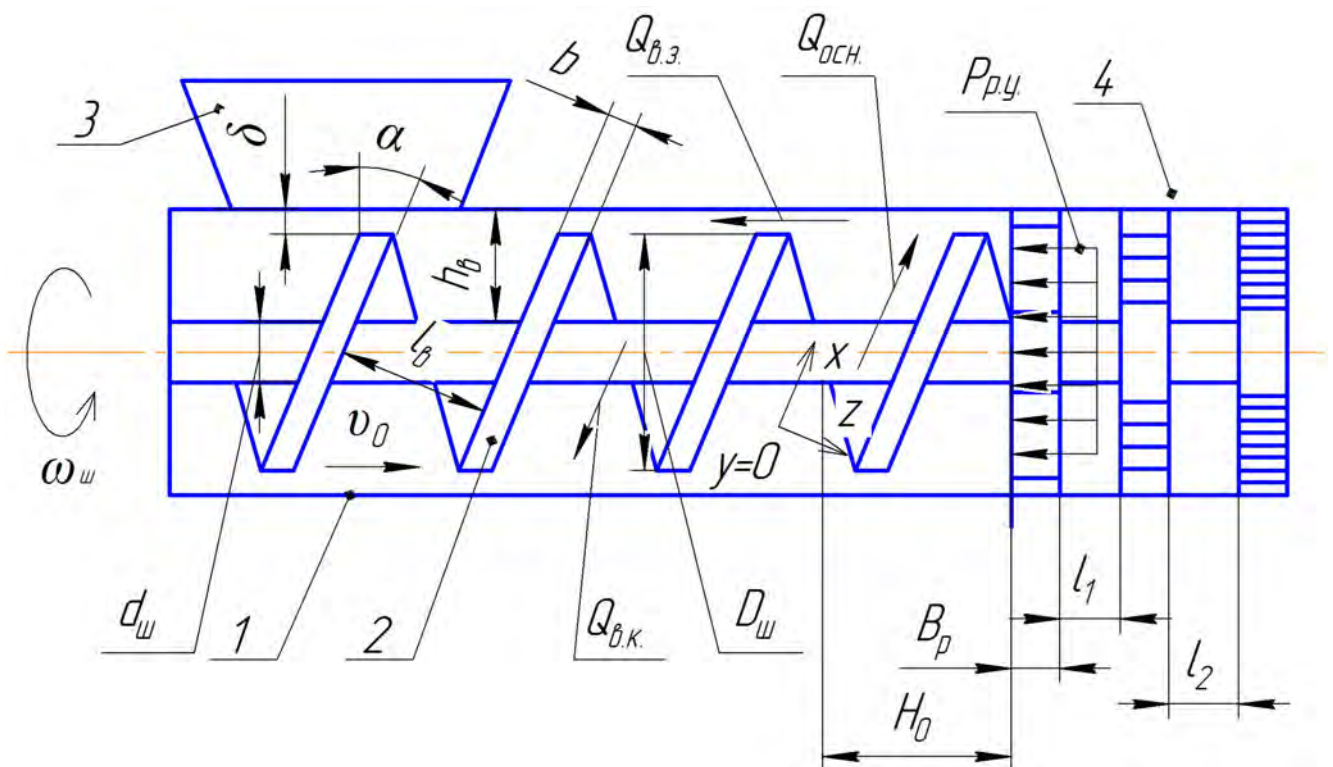


Рис. 3.44. Розрахункова схема для розробки математичної моделі процесу подачі сировини шнеком м'ясорізального вовчка

При визначенні продуктивності вовчка було застосовано наступний підхід. Рух сировини в робочому циліндрі був описаний за допомогою положень механіки суцільного середовища. При цьому специфічний ефект, який полягає у подачі м'ясної сировини лише в певній зоні поперечного перерізу шнека, доцільно врахувати за допомогою коефіцієнта продуктивності  $K_Q$  (фізичний зміст коефіцієнта продуктивності  $K_Q$  наведено нижче). В такому разі продуктивність вовчка визначиться за виразом, кг/с:

$$G = K_Q (Q_{осн.} - Q_{в.к.} - Q_{в.з.}) \cdot \rho, \quad (3.15)$$

де  $\rho$  – густина сировини, кг/м<sup>3</sup>.

Математичний опис руху суцільного середовища, в даному випадку подачі сировини шнеком вовчка, може бути отриманий шляхом розв'язання системи рівнянь, які складаються з:

- рівняння нерозривності потоку;
- рівняння руху;
- рівняння енергії;
- рівнянь реологічного стану м'ясної сировини.

При цьому отримати суворе рішення такої системи рівнянь у випадку подачі реальної (з достатньо складним комплексом властивостей) сировини по криволінійному каналу шнеку є досить складним завданням. Однак його можна спростити, застосувавши певні допущення та обмеження.

Відтак, доцільно замінити реальний шнековий ВПС вовчка на його розрахункову (модельну) схему, з якої повинні бути виключені всі властивості реального шнекового ВПС, які не є головними, і залишені лише ті, які є основними для моделювання процесу роботи машини і дають можливість отримати її достатньо просту модель.

Застосовано наступні спрощення. Замінено обертовий шнек та нерухомий циліндр на нерухомий шнек та обертовий горизонтальний циліндр. Далі випрямлено гвинтовий шнековий канал, який утворений простором між витками шнеку. Тобто, введено замість гвинтового каналу прямокутного перерізу випрямлену трубу, що має довжину, яка дорівнює довжині гвинтового каналу, та рухому (через зроблене попереднє припущення) верхню площину.

Обрано систему прямокутних координат так, як це зображено на рис. 3.45: вісь  $x$  направлено вздовж каналу, вісь  $y$  – по висоті, вісь  $z$  – по ширині каналу. Далі розглянуто шар сировини, який розташований усередині замкненого об'єму, що обмежений розмірами  $l_s$ ,  $h_s$ , та  $L$ .

Густина сировини  $\rho$ , швидкість її руху вздовж вісі каналу  $v_0$ , напруження  $p_{ij}$ , що виникають в сировині (вони є результатом дії в'язких сил), тиск  $P$  і температура  $T$  розглядались як функції часу  $t$  і просторових координат  $x$ ,  $y$  та  $z$ .

При розв'язку задач механіки суцільного середовища невідомими є:

- густина матеріалу  $\rho = \rho(t, x, y, z)$ ,

- три складові вектора швидкості по вісях вибраної системи координат:

$$v_x = v_x(t, x, y, z); v_y = v_y(t, x, y, z); v_z = v_z(t, x, y, z); \quad (3.16)$$

- шість компонент тензора напружень (з десяти компонент лише шість є незалежними внаслідок симетрії тензора  $\rho_{ij} = \rho_{ji}$ ):

$$\begin{aligned} \sigma_{xx} = \sigma_{xx}(t, x, y, z); \tau_{xy} = \tau_{xy}(t, x, y, z); \tau_{yz} = \tau_{yz}(t, x, y, z); \\ \tau_{zx} = \tau_{zx}(t, x, y, z); \sigma_{yy} = \sigma_{yy}(t, x, y, z); \sigma_{zz} = \sigma_{zz}(t, x, y, z). \end{aligned} \quad (3.17)$$

В рівняннях (3.17) перший індекс означає нормаль до площадки, в якій діє дане напруження, другий – паралельно якій осі діє дане напруження. Отже, нормальні напруження будуть в наших позначеннях з двома однаковими індексами (наприклад  $p_{xx}$ ), дотичні – з двома різними індексами (наприклад  $p_{zx}$ );

- температура сировини, що подається до РВ –  $T = T(t, x, y, z)$ .

Для визначення означених одинадцяти невідомих необхідно було скласти та розв'язати систему, що складається з такої ж кількості рівнянь:

- рівняння нерозривності (математичний вираз закону збереження речовини, згідно з яким маса в замкнутій системі залишається постійною):

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho v_x) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho v_y) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho v_z) = 0; \quad (3.18)$$

- три рівняння руху в обраній системі координат (які є математичним формулюванням другого закону Ньютона):

$$\begin{aligned} \rho \cdot \left( \frac{\partial v_x}{\partial t} + v_x \cdot \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y \cdot \frac{\partial v_x}{\partial y} + v_z \cdot \frac{\partial v_x}{\partial z} \right) &= \rho F_x + \frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z}; \\ \rho \cdot \left( \frac{\partial v_y}{\partial t} + v_x \cdot \frac{\partial v_y}{\partial x} + v_y \cdot \frac{\partial v_y}{\partial y} + v_z \cdot \frac{\partial v_y}{\partial z} \right) &= \rho F_y + \frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial z}; \\ \rho \cdot \left( \frac{\partial v_z}{\partial t} + v_x \cdot \frac{\partial v_z}{\partial x} + v_y \cdot \frac{\partial v_z}{\partial y} + v_z \cdot \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) &= \rho F_z + \frac{\partial \sigma_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zz}}{\partial z}; \end{aligned} \quad (3.19)$$

де  $F_x, F_y, F_z$  – проекції масових сил на вісі координат;

- шість реологічних рівнянь, які пов'язують компоненти тензора напружень з компонентами тензора швидкості деформації сировини. Даний зв'язок визначає реологічні параметри сировини, яка переробляється;
- рівняння енергії.

Для спрощення розрахунку при розв'язанні системи рівнянь введено такі допустимі спрощення. Прийнято, що розглядається ізотермічна задача, яка дає можливість обійтись без рівняння енергії. Розглядалась сировина, яка не стискається, тобто прийнято  $\rho = const$ . Це спрощення змінить вигляд рівняння нерозривності – якщо  $\rho = const$ , то в такому випадку  $\frac{\partial \rho}{\partial x} = 0$ , тоді з рівняння нерозривності слідує:

$$\rho \left( \frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) = 0, \quad (3.20)$$

а оскільки  $\rho \neq 0$ , то рівняння нерозривності приймає вигляд:

$$\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} = 0, \quad (3.21)$$

Після аналізу процесу нагнітання сировини в м'ясорізальному вовчку та відомих реологічних моделей харчових середовищ [141, 145, 332], прийнято, що м'ясна сировина, яка подається шнеком вовчка до РВ, представляє собою в'язко-пружне середовище, модель якого складається з тіл Кельвіна та Максвела, які послідовно сполучені. В такому випадку реологічні властивості м'ясної сировини відповідно до [134] можна відобразити за допомогою модуля в'язко-пружних властивостей м'ясної сировини, Па·с, причому:

$$\psi = \frac{E_\mu \cdot E_S \cdot \left( 1 - e^{-\frac{t_1}{t_2}} \right) \cdot (t_1 - t_2)}{\left( E_S \cdot \left( 1 - e^{-\frac{t_1}{t_2}} \right) + E_\mu \cdot \left( 1 - e^{-\frac{t_1}{t_2}} \right) + E_\mu \right)}, \quad (3.22)$$

де  $E_\mu$  – модуль миттєвого деформування тіла, Па;

$E_S$  – модуль рівноважної еластичності та післядії, Па;



$t_1$ – період релаксації напружень, с;  $t_2$ – період післядії, с.

Тоді шість реологічних рівнянь записуються у вигляді:

$$\begin{aligned}\sigma_{xx} &= -p + 2\psi \cdot \frac{\partial v_x}{\partial x}; \tau_{xy} = \tau_{yx} = \psi \left( \frac{\partial v_x}{\partial y} + \frac{\partial v_y}{\partial x} \right); \\ \sigma_{yy} &= -p + 2\psi \cdot \frac{\partial v_y}{\partial y}; \tau_{yz} = \tau_{zy} = \psi \left( \frac{\partial v_y}{\partial z} + \frac{\partial v_z}{\partial y} \right); \\ \sigma_{zz} &= -p + 2\psi \cdot \frac{\partial v_z}{\partial z}; \tau_{zx} = \tau_{xz} = \psi \left( \frac{\partial v_z}{\partial x} + \frac{\partial v_x}{\partial z} \right).\end{aligned}\quad (3.23)$$

де  $p$  – гідростатичний тиск для ньютонівських середовищ:

$$p = -\frac{1}{3}(p_{11} + p_{22} + p_{33}), \quad (3.24)$$

$p_{11}, p_{22}, p_{33}$  – головні нормальні напруження.

Після підстановки в рівняння (3.19) відповідних виразів для компонент тензора напружень з рівнянь (3.23) та після ділення всього на  $\rho$ , отримано три рівняння руху в'язкого середовища, які записані в формі Нав'є-Стокса:

$$\begin{aligned}\frac{\partial v_x}{\partial t} + v_x \cdot \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y \cdot \frac{\partial v_x}{\partial y} + v_z \cdot \frac{\partial v_x}{\partial z} &= F_x - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\psi}{\rho} \cdot \left( \frac{\partial^2 v_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial z^2} \right) \\ \frac{\partial v_y}{\partial t} + v_x \cdot \frac{\partial v_y}{\partial x} + v_y \cdot \frac{\partial v_y}{\partial y} + v_z \cdot \frac{\partial v_y}{\partial z} &= F_y - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\psi}{\rho} \cdot \left( \frac{\partial^2 v_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_y}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v_y}{\partial z^2} \right), \\ \frac{\partial v_z}{\partial t} + v_x \cdot \frac{\partial v_z}{\partial x} + v_y \cdot \frac{\partial v_z}{\partial y} + v_z \cdot \frac{\partial v_z}{\partial z} &= F_z - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial z} + \frac{\psi}{\rho} \cdot \left( \frac{\partial^2 v_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_z}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v_z}{\partial z^2} \right)\end{aligned}\quad (3.25)$$

Далі розглянуто усталений рух матеріалу при стаціонарному режимі. Режим пуску та зупинки шнека не розглядався. Дане спрощення призводить до рівності нулю похідних по часу. Наприклад,  $\frac{\partial v_x}{\partial t} = 0$  тощо.

Масовими силами знехтувано, тобто вважалось, що  $F_x, F_y$  та  $F_z$  в рівняннях (3.25) дорівнюють нулю. Сили ваги не враховувались, маючи на увазі, що переміщення сировини здійснюється в основному за рахунок інших джерел, наприклад перепаду тиску. Швидкості руху м'ясної сировини в каналах відносно

невеликі, що дозволяє знехтувати і виникаючими при русі інерційними навантаженнями.

Розглядалась ламінарна течія, яка при подачі в'язких та високов'язких середовищ практично завжди має місце. В такому разі, коли відсутня турбулентність, з трьох компонент швидкості сировини відмінною від нуля є тільки її складова по осі  $x$  каналу. Швидкості  $v_x$ ,  $v_y$  та  $v_z$  вважаються рівними нулю.

Отже, для ізотермічного руху харчового середовища у випадку усталеного режиму можливості нехтування масовими силами та відсутності турбулентності рівняння Нав'є-Стокса будуть мати наступний вигляд:

$$\begin{aligned} 0 &= -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial z}, \\ 0 &= -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial y}, \\ 0 &= -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\psi}{\rho} \cdot \left( \frac{\partial^2 v_x}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2} \right). \end{aligned} \quad (3.26)$$

Аналіз рівнянь (3.26) вказує, що тиск  $p$  є постійним по перерізу (по вісях  $y$  та  $z$  не змінюється), а залежить лише від  $x$  і змінюється від перерізу до перерізу зі змінами  $x$ . У такому разі в подальших розрахунках часткову похідну  $\partial p / \partial x$  можна замінити повною похідною  $dp / dx$ . У той же час при дотриманні припущення, що  $v_x = v_y = 0$ , з рівняння нерозривності (3.18) отримаємо  $\partial v_z / \partial z = 0$ . Таким чином, на відміну від тиску, компонента  $v_z$  швидкості не змінюється від перерізу до перерізу, а є лише функцією  $x$ ,  $y$ , тобто змінюється тільки по перерізу. Остаточно:

$$v_z = v_z(x, y); v_z \neq v_z(z); p = p(x, y); p \neq p(z). \quad (3.27)$$

Останнє з рівнянь (3.27) можна записати так:

$$\frac{\partial^2 v_x}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2} = \frac{1}{\psi} \cdot \frac{\partial p}{\partial x}; \quad (3.28)$$

Якщо взяти до уваги, що зміна тиску  $P$  на довжині каналу  $L$  дорівнює  $\Delta p$ , для розв'язання задачі механіки суцільного середовища з урахуванням прийнятих припущень можна отримати одне рівняння у вигляді рівняння Пуассона:

$$\frac{\partial^2 v_x}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2} = -\frac{\Delta p}{\psi l}; \quad (3.29)$$

Вважалось, що нагнітаючий канал шнека є достатньо мілким. Тому можна було знехтувати впливом бокових стінок витків шнека і вважати, що маємо справу з нескінченно вузькою щілиною, для якої  $v_z$  не змінюється по  $x$ , тобто  $\frac{\partial^2 v_z}{\partial x^2} = 0$ . В такому разі рівняння Пуассона ще більше спроститься:

$$\frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2} = -\frac{\Delta p}{\psi l}; \quad (3.30)$$

Шляхом двократного інтегрування по  $y$  та, беручи до уваги граничні умови ( $\bar{v}_1 = \bar{v}_0 \neq 0$ ;  $\bar{v}_2 = 0$ ), отримано, м/с:

$$v = \frac{v_0 y}{h_e} - \frac{h_e y - y^2}{2\psi} \cdot \frac{\partial p}{\partial x};$$

На правому боці даного рівняння перший член являє собою швидкість прямого потоку сировини вздовж гвинтового каналу шнека (з продуктивністю  $Q_{осн.}$ ), а другий член – швидкість, яка спрямована у зворотний бік, тобто це зворотний потік вдовж гвинтового каналу (продуктивністю  $Q_{в.к.}$ ). Сума обох швидкостей дає швидкість результуючого потоку.

З рівняння (3.30) слідує, що, якщо проінтегрувати швидкості по перетину потоку, інакше кажучи, по висоті  $h_e$  та ширині  $l_e$ , то інтенсивність результуючого потоку (кількість маси, яка проходить по шнеку в одиницю часу) буде виражена для двошарової моделі виразом, м<sup>3</sup>/с:

$$Q_{рез} = \frac{v_0 l_e h_e}{2} - \frac{l_e h_e^3}{12\psi} \cdot \frac{\partial p}{\partial x}; \quad (3.31)$$

Перша складова у правій частині виразу (3.31) являє собою прямий потік  $Q_{осн.}$ , а друга складова – зворотний потік  $Q_{в.к.}$ . При цьому слід відзначити, що не

взято до уваги вплив гальмівної дії бокових стінок міжвиткового об'єму шнека на потік.

Застосовано заміну для параметрів, які входять до складу виразу (3.31):

$$\begin{cases} v_0 = \pi D_{uu} n_{uu} \cdot \cos \alpha \\ l_g = (\pi D_{uu} \cdot \operatorname{tg} \varphi - l_g) \cdot \cos \alpha = \pi D_{uu} \cdot \sin \alpha - l_g \cdot \cos \alpha, \\ dz = dl \sin \alpha \end{cases} \quad (3.32)$$

де  $\alpha$  – кут підйому витків шнека.

Тоді рівняння по визначенню інтенсивності результуючого потоку (без урахування втрат крізь зазор  $Q_{в.з.}$ ) набуло вигляду:

$$Q_{рез} = \frac{\pi D_{uu} n_{uu} \cdot \cos \alpha \cdot (\pi D_{uu} \cdot \sin \alpha - l_g \cdot \cos \alpha) h_g^3}{2} - \frac{\sin \alpha \cdot (\pi D_{uu} \cdot \sin \alpha - l_g \cdot \cos \alpha) h_g^3}{12\psi} \cdot \frac{\partial p}{\partial l}; \quad (3.33)$$

Отже, зворотний потік пропорційний ширині впадини, а також третьому ступеню глибини витка і зворотно пропорційний довжині міжвиткового каналу прямокутного перетину.

Далі наведено виведення виразу по визначенню інтенсивності потоку  $Q_{в.з.}$  втрат крізь зазор між шнеком та робочим циліндром. Даний потік розглядається, як той, який іде крізь прямокутний паз зі сторонами  $\pi D / \cos \alpha$ ,  $\delta$  та  $b \cdot \cos \alpha$ . Цей потік підпорядковується виразу (3.30) із відповідними граничними умовами.

При цьому було взято до уваги те, що зворотний потік  $Q_{в.з.}$  у зазорі обумовлений значно більшим перепадом тиску, ніж зворотний потік  $Q_{в.к.}$ , який виникає в каналі шнека. Величини перепадів тиску відносяться як довжина кроку витка шнека по колу до товщини витка.

З урахуванням наведеного:

$$\frac{\pi D_{uu}}{\cos \alpha} b \cdot \cos \alpha = \frac{\pi D_{uu}}{l_g \cdot \cos^2 \alpha}; \quad (3.34)$$

В такому разі отримано вираз, який аналогічний до виразу по визначенню зворотного потоку крізь канал шнека  $Q_{в.к.}$ . Необхідно лише зробити такі заміни:

$$\left\{ \begin{array}{l} \pi \cdot D_u \cdot \sin \alpha \rightarrow \pi \cdot D_u / \cos \alpha \\ h_g \rightarrow \delta \\ \frac{dl}{\sin \alpha} \rightarrow b \cdot \cos \alpha \\ \frac{dp}{dl} \rightarrow \pi \cdot D_u \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha \frac{dp}{dl} \end{array} \right. ; \quad (3.35)$$

В результаті отримано:

$$Q_{в.к.} = \frac{\pi^2 D_u^2 \delta^3 \cdot \operatorname{tg} \alpha}{12\psi \cdot b} \cdot \frac{\partial p}{\partial l}; \quad (3.36)$$

Для практичного застосування виведених рівнянь їх доцільно було дещо видозмінити шляхом введення замість локального градієнта тиску  $dp/dl$ , який приймається постійним по всій довжині шляху потоку маси сировини, наступну величину:

$$\frac{dp}{dl} = \frac{p_2 - p_1}{L_{1,2}}, \quad (3.37)$$

де  $p_1$  – тиск маси на початку зони подач, Па;

$p_2$  – тиск маси в кінці зони подачі, Па;

$L_{1,2}$  – довжина зони подачі, м.

Отже, вирази для визначення окремих складових результуючого потоку набудуть наступного вигляду:

- прямий потік вздовж гвинтового каналу, м<sup>3</sup>/с:

$$Q_{осн.} = \frac{\pi^2 D_u^2 \cdot n_u \cdot h_g \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{2}; \quad (3.38)$$

- зворотний потік вздовж гвинтового каналу, м<sup>3</sup>/с:

$$Q_{в.к.} = \frac{\pi D_u h_g^3 \cdot \sin^2 \alpha}{12\psi} \cdot \frac{p_2 - p_1}{L_{1,2}}; \quad (3.39)$$

- зворотний потік у зазорі між шнеком та циліндром, м<sup>3</sup>/с:

$$Q_{в.з.} = \frac{\pi^2 D_u^2 \delta^3}{12\psi \cdot b} \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \frac{p_2 - p_1}{L_{1,2}}; \quad (3.40)$$

В такому разі вираз (3.13) по визначенню продуктивності вовчка буде наступним:

$$G = K_Q \cdot \rho \cdot \left( \frac{\pi^2 \cdot D_u^2 \cdot n_u \cdot h_6 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{2} - \frac{\pi \cdot D_u \cdot h_6^3 \cdot \sin^2 \alpha \cdot \left( E_S \cdot \left( 1 - e^{-\frac{t_1}{t_2}} \right) + E_\mu \cdot \left( 1 - e^{-\frac{t_1}{t_2}} \right) + E_\mu \right)}{12 \cdot E_\mu \cdot E_S \cdot \left( 1 - e^{-\frac{t_1}{t_2}} \right) \cdot (t_1 - t_2)} \cdot \frac{p_2 - p_1}{L_{1,2}} - \frac{\pi^2 \cdot D_u^2 \cdot \delta^3}{12 \cdot b} \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \frac{p_2 - p_1}{L_{1,2}} \cdot \frac{\left( E_S \cdot \left( 1 - e^{-\frac{t_1}{t_2}} \right) + E_\mu \cdot \left( 1 - e^{-\frac{t_1}{t_2}} \right) + E_\mu \right)}{E_\mu \cdot E_S \cdot \left( 1 - e^{-\frac{t_1}{t_2}} \right) \cdot (t_1 - t_2)} \right); \quad (3.41)$$

Визначення продуктивності вовчка за виразом (3.41) дає можливість врахувати як основні параметри конструкції та частоту обертання шнекового ВПС, так і джерела втрат продуктивності.

Як слідує [5] з рівняння (3.41), суттєвого підвищення продуктивності вовчка можна досягти, збільшуючи зовнішній діаметр решітки  $D_p$ , що дає змогу збільшити кількість отворів для проходження сировини. Зростання ж питомої продуктивності можна досягти, збільшуючи частоту обертання шнека  $n_u$ , збільшуючи зовнішній діаметр шнека  $D_u$ , зменшуючи глибину витка  $h_6$ , зменшуючи зазор  $\delta$  між шнеком та робочим циліндром, а також підвищуючи товщину витка  $b$ .

Збільшення зовнішнього діаметра перфорованої решітки  $D_p$  призводить до суттєвого підвищення продуктивності [5]. Збільшення кута підйому витків шнека  $\alpha$  спричиняє зростання продуктивності, але далі спостерігається її зниження, що можна пояснити підвищенням швидкості подачі сировини та, відповідно, підвищенням гідравлічного опору отворів перфорованої решітки (спостерігається для решітки товщиною 0,016 м, яка має отвори діаметром 0,003 м).

У випадку використання перфорованої решітки з товщиною 0,008 м залежність продуктивності вовчка від кута підйому витків шнека має інший характер – продуктивність прогресивно зростає [5].

Вплив частоти обертання шнека  $n_u$  аналогічний впливу кута підйому витків шнека – при збільшенні частоти продуктивність спочатку зростає, досягає свого

максимуму, а потім зменшується. При збільшенні товщини вихідної решітки  $B_p$  продуктивність стрімко знижується. Це пояснюється збільшенням ГО отворів за експоненціальним законом при збільшенні їх довжини. Підвищення ж площі лез  $S_l$  ножа, який контактує з вихідною решіткою, зумовлює пропорційне зменшення продуктивності внаслідок перекриття більшої кількості отворів для проходження сировини [5].

Одержаний вираз (3.41) можна застосовувати для прогнозування продуктивності вовчків, що мають різне конструктивне виконання різального вузла та шнека.

Значення коефіцієнта продуктивності м'ясорізального вовчка можна визначити [287], взявши до уваги усі основні чинники, які зумовлюють істотне зменшення його теоретично можливої продуктивності. Основним таким чинником, на нашу думку, є здатність м'ясної сировини стискатись під дією прикладеного навантаження. Саме це зумовлює необхідність достатньої деформації сировини задля подолання опору різального вузла при продавлюванні сировини крізь нього.

Звідси слідує, що важливими означеними чинниками є конструкція шнека та величина опору РВ. Іншим важливим чинником є будова різального вузла, а саме – будова ножів, які працюють у парі з перфорованими решітками.

З огляду на зазначене, запропоновано визначити коефіцієнт продуктивності вовчка  $K_Q$ , враховуючи як параметри шнека, так і параметри РВ.

Параметри шнека враховано за допомогою коефіцієнта використання шнека  $K_{в.ш.}$ , який представляє собою відношення площі поперечного перерізу робочого циліндра, що окреслює зону подачі сировини шнеком у РВ (сектор АОВ на рис. 3.45), до загальної площі поперечного перерізу горизонтального циліндра, який слугує для подачі сировини шнеком у РВ.

Якщо величини вказаних площ відобразити за допомогою значень відповідних кутів, то вираз для визначення коефіцієнта використання шнека  $K_{в.ш.}$  матиме вигляд:

$$K_{в.ш.} = \frac{\beta_{\max}}{360}, \quad (3.42)$$

де  $\beta_{max}$  – максимальне значення кута, який окреслює зону подачі сировини шнеком у РВ, град.

Значення  $\beta_{max}$  можна визначити, склавши рівняння рівноваги сил, що впливають на шарі сировини, який останнім витком шнека подається у РВ вовчка.

Для того щоб сировина набула можливості подолати силу опору РВ  $F_{p.v.}$ , необхідно створити відповідну силу стискання  $F_{cm}$ :

$$F_{cm} = F_{p.v.}; \quad (3.43)$$

У свою чергу, ці сили визначаються наступним чином.

Сила стискання, Н:

$$F_{cm} = [\sigma_{cm}] \cdot S_{cm}, \quad (3.44)$$

де  $[\sigma_{cm}]$  – граничне значення напружень стискання, при яких починається процес протиснення сировини крізь РВ, Па;

$S_{cm}$  – площа на боковій поверхні останнього витка шнека, яка відповідає площі шару сировини, що підлягає стисканню, м<sup>2</sup>.

Сила опору РВ, Н:

$$F_{p.v.} = \sum_{i=1}^m F_{on.i} \cdot k_{пром} \cdot k_v, \quad (3.45)$$

де  $F_{on.i}$  – сила опору  $i$ -ї решітки РВ, Н;

$m$  – кількість решіток РВ;

$k_{пром}$  – емпіричний коефіцієнт збільшення опору РВ через збільшення відстаней між окремими решітками на величину товщини ножів, які становлять різальні пари з решітками;

$k_v$  – емпіричний коефіцієнт збільшення опору РВ через збільшення швидкості подачі сировини.



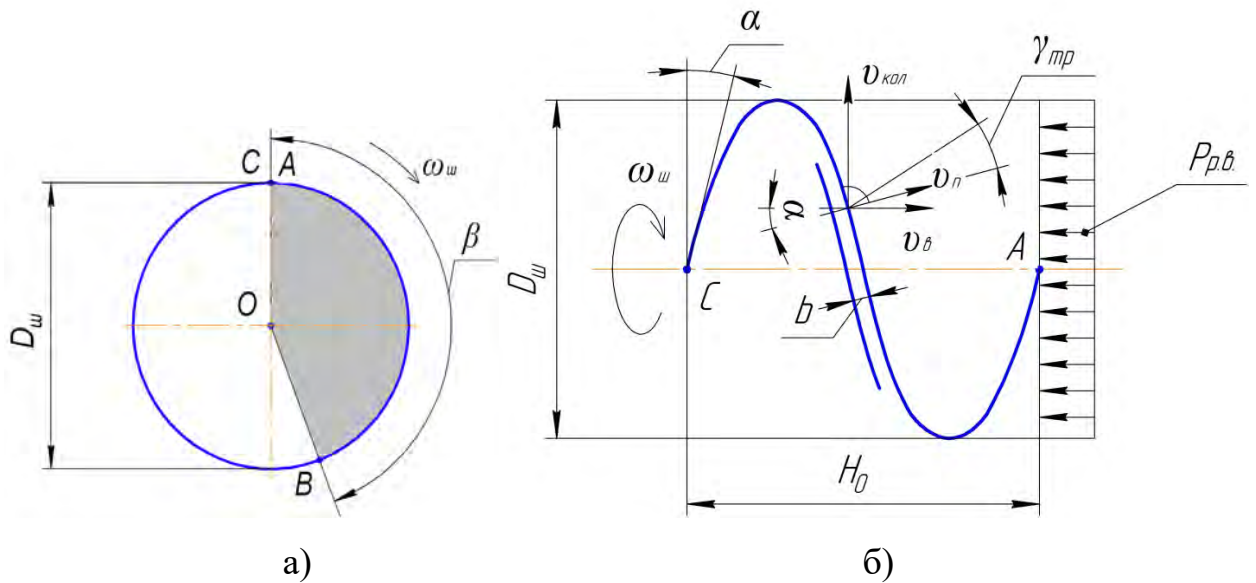


Рис. 3.45. Схема останнього витка шнека для розрахунків коефіцієнта використання шнека  $K_{в.ш.}$  вовчка: а) вид спереду; б) вид збоку

Сила опору кожної  $i$ -ї решітки РВ дорівнює, Н:

$$F_{on.i} = F_{пен} + F_{зр} + F_{отв}, \quad (3.46)$$

де  $F_{пен}$  – зусилля penetрації сировини при обтіканні перемичок поміж отворами перфорованої решітки, Н;

$F_{зр}$  – зусилля зрізу сировини при вдавлюванні в отвори перфорованої решітки, Н;

$F_{отв}$  – зусилля опору рухові сировини всередині отворів перфорованої решітки, Н.

Зусилля penetрації визначається так, Н:

$$F_{пен} = \theta_{пен} \cdot S_{пен}, \quad (3.47)$$

де  $\theta_{пен}$  – напруження penetрації сировини при обтіканні перемичок поміж отворами перфорованої решітки, Па;

$S_{пен}$  – площа перемичок поміж отворами, які обтікаються сировиною, м<sup>2</sup>.

Зусилля зрізу визначається наступним чином, Н:

$$F_{зр} = \theta_{зр} \cdot S_{зр}, \quad (3.48)$$

де  $\theta_{зр}$  – напруження зрізу сировини при подачі в отвори решітки, Па;

$S_{зр}$  – площа отвору, в який вдавлюється сировина, м<sup>2</sup>.

Зусилля опору рухові сировини всередині отворів перфорованої решітки, Н:

$$F_{отв} = P_{отв} \cdot S_{отв}, \quad (3.49)$$

де  $P_{омв}$  – тиск опору рухові сировини всередині отворів решітки, Па;

$S_{омв}$  – площа отвору, в який вдавлюється сировина, м<sup>2</sup>.

Тиск опору рухові сировини всередині отворів решітки відповідно до [110] запишеться так, Па:

$$P_{омв} = \left( \frac{q_0}{k_{\sigma}} \right) \cdot e^{\frac{4f \cdot k_{\sigma} \cdot B_p}{d_0}} - \frac{q_0}{k_{\sigma}}, \quad (3.50)$$

де  $f$  – коефіцієнт тертя сировини о стінки каналу;  $B_p$  – товщина решітки, м;

$d_0$  – діаметр отвору, м;  $q_0$  – залишковий боковий тиск, Па;

$k_{\sigma}$  – коефіцієнт бокового тиску ( $k_{\sigma}=0,6 \dots 0,8$  [140]).

Означені значення площ записуються наступним чином (розглядається випадок, коли площа поперечного перерізу шару сировини, що продавлюється, дорівнює сумі площ одного отвору решітки та відповідної частки перемичок поміж отворами), м<sup>2</sup>:

$$S_{омв} = \frac{\pi \cdot d_0^2}{4}; \quad (3.51)$$

$$S_{зр} = \frac{\pi \cdot d_0^2}{4}; \quad (3.52)$$

$$S_{нен} = \frac{\pi \cdot d_0^2}{4} \left( \frac{1 - \varphi}{\varphi} \right); \quad (3.53)$$

$$S_{ст} = S_{омв} + S_{нен} = \frac{\pi \cdot d_0^2}{4} \cdot \frac{1}{\varphi}; \quad (3.54)$$

де  $\varphi$  – коефіцієнт перфорації решітки, який дорівнює відношенню сумарної площі отворів для подачі сировини до загальної площі решітки (робоча частина решітки – диск, окреслений граничними точками лез обертового ножа, який працює в парі з перфорованою решіткою).

Значення емпіричного коефіцієнта  $k_{пром}$  збільшення опору РВвнаслідок збільшення відстаней між окремими решітками на величини товщини ножів, які становлять різальні пари з перфорованими решітками, можна визначити відповідно до даних, наведених у п. 3.2.2.

Величина емпіричного коефіцієнта збільшення опору РВ внаслідок збільшення швидкості подачі сировини  $k_v$  (відповідно до даних, приведених у п. 3.2.2):

$$k_v = e^{a_v} \cdot \left( \frac{v_o}{v_1} \right)^{b_v}, \quad (3.55)$$

де  $v_o$  – осьова швидкість подачі сировини, м/с;  $v_1$  – одинична швидкість подачі сировини, при якій не відбувається підвищення ГО отворів решіток, м/с;  $a_v, b_v$  – емпіричні коефіцієнти, значення яких залежить від подовження отворів решітки та виду м'яса.

Середнє значення лінійної швидкості руху м'ясної сировини при її подачі останнім витком шнека визначено так (рис. 3.45, а). Середнє значення колової швидкості при обертанні витка шнека –  $v_{кол} = \omega_{ш} \cdot \left( \frac{D_{ш}}{2} - \frac{h}{2} \right)$ , де  $h$  – глибина гвинтового каналу шнека. Її складова, що нормальна до поверхні шнека –  $v_n = v_{кол} \cdot \sin \alpha$ . З урахуванням кута  $\gamma_{mp}$  тертя сировини о поверхню шнека –  $v_n = \frac{v_{кол} \cdot \sin \alpha}{\cos \gamma_{mp}}$ . Тоді осьова швидкість зміщення сировини, м/с (за умови, що на внутрішній поверхні циліндра, в якому обертається шнек, наявні прямолінійні ребра, і сировина рухається на зразок гайки, яка приводиться у рух обертовим гвинтом) буде визначатися наступним чином:

$$\begin{aligned} v_o &= v_n \cdot \cos(\alpha + \gamma_{mp}) = \frac{v_{кол} \cdot \sin \alpha}{\cos \gamma_{mp}} \cdot \cos(\alpha + \gamma_{mp}) = \\ &= \frac{\pi \cdot n_{ш} \cdot (D_{ш} - h) \cdot \sin \alpha}{\cos \gamma_{mp}} \cdot \cos(\alpha + \gamma_{mp}) \end{aligned}, \quad (3.56)$$

де  $n_{ш}$  – частота обертання шнеку,  $c^{-1}$ .

Далі визначаються напруження, які виникають у шарі сировини при її стисканні. Напруження в сировині відповідно до закону Гука [140, 336] прямо пропорційні відноській її деформації  $\varepsilon$  та модулю пружності  $E$ , Па:

$$\sigma_{ст.} = \varepsilon \cdot E, \quad (3.57)$$

де  $\varepsilon$  – відносна деформація;  $E$  – модуль пружності при стисканні, Па.

Величину кінцевої відносної деформації сировини при її подачі останнім витком шнека вовчка можна визначити наступним чином:

$$\varepsilon_k = \varepsilon_{o.k.} \cdot k_\varepsilon, \quad (3.58)$$

де  $\varepsilon_{o.k.}$  – кінцева відносна деформація сировини, яка відбулась саме в зоні останнього витка шнека і яка була виміряна в місці прилягання останнього витка до РВ;

$k_\varepsilon$  – коефіцієнт деформації, який визначає ступінь попереднього деформування м'ясної сировини при її потраплянні в зону останнього витка шнека, причому:

$$k_\varepsilon = \frac{V_{зан.}}{V_o}, \quad (3.59)$$

де  $V_{зан.}$  – об'єм міжвиткового простору шнека, в якому коефіцієнт його заповнення м'ясом дорівнює 1;

$V_o$  – об'єм міжвиткового простору шнека, який знаходиться перед останнім витком.

Для часткового випадку конструкції шнека з постійними значеннями  $D_{ш}$  і  $d_{ш}$  вираз набуде вигляду:

$$k_\varepsilon = \frac{H_{зан.}}{H_o}, \quad (3.60)$$

де  $H_{зан.}$  – крок міжвиткового простору шнека, в якому коефіцієнт його заповнення м'ясом дорівнює 1;  $H_o$  – крок міжвиткового простору шнека в межах останнього витка.

Значення відносної деформації шару сировини при русі саме в зоні останнього витка шнека визначається наступним чином (рис. 3.46):

$$\varepsilon_o = \frac{H_o - l}{H_o} = \frac{\pi \cdot D_{ш} \cdot \operatorname{tg} \alpha - L_{AB} \cdot \operatorname{tg} \alpha}{\pi \cdot D_{ш} \cdot \operatorname{tg} \alpha}, \quad (3.61)$$

де  $l$  – відстань від поверхні останнього витка до РВ ( $l = L_{AB} \cdot \operatorname{tg} \alpha$ ), м;

$D_{ш}$  – зовнішній діаметр шнеку, м;

$\alpha$  – кут нахилу гвинтової поверхні шнеку;

$L_{AB}$  – довжина дуги АВ, м.

Довжина дуги АВ відрізняється від довжини кола діаметром  $D_{ш}$  у стільки разів, у скільки разів відрізняється величина кута  $\beta$  від  $360^\circ$ , м:

$$L_{AB} = \pi \cdot D_{ш} \frac{\beta}{360}; \quad (3.62)$$

Тоді значення відносної деформації шару сировини, положення якого визначається кутом  $\beta$ , буде наступним:

$$\varepsilon_o = \frac{\pi \cdot D_{ш} \cdot \operatorname{tg} \alpha - \pi \cdot D_{ш} \frac{\beta}{360} \cdot \operatorname{tg} \alpha}{\pi \cdot D_{ш} \cdot \operatorname{tg} \alpha} = 1 - \frac{\beta}{360} \quad (3.63)$$

де  $\beta$  – поточне значення кута, який окреслює зону ефективної подачі сировини шнеком у РВ, град.

При цьому відносна деформація відповідно до [140] залежить від прикладеного тиску наступним чином:

$$\varepsilon = a_\varepsilon \cdot P^{a_1} (1 + a_2 \cdot \lg \tau) = 5,2 \cdot P^{0,32} (1 + 0,058 \cdot \lg \tau), \quad (3.64)$$

де  $P$  – прикладений тиск, Па;

$\tau$  – тривалість деформації, с;

$a_\varepsilon$ ,  $a_1$ ,  $a_2$  – коефіцієнти, які залежать від конструкторських факторів та фізико-хімічного стану сировини (для м'яса  $a_\varepsilon = 5,2$ ;  $a_1 = 0,32$ ;  $a_2 = 0,058$ ).

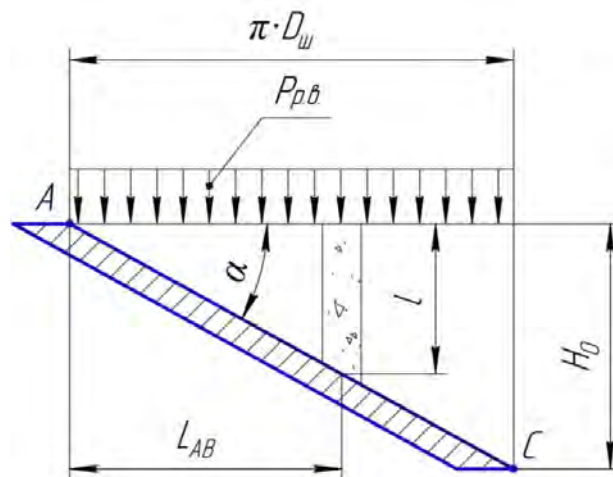


Рис. 3.46. Схема розгортки останнього витка шнека для визначення коефіцієнта використання шнека  $K_{е.ш.}$  м'ясорізального вовчка

При цьому відповідно до [141, 337] величина тиску, Па в шарі сировини залежить від відстані до точки прикладання тиску так:

$$P_l = P \cdot e^{(-0,115 \cdot l \cdot D_{ш}^{-0,33})}, \quad (3.65)$$

де  $P$  – величина тиску, прикладеного до шару сировини, Па;

$l$  – відстань від точки прикладення тиску до даної точки, м;

$D_{ш}$  – діаметр циліндра, в якому здійснюється стискання сировини, м.

Беручи до уваги, що зміні тиску  $P$  вздовж відстані  $l$  буде відповідати зміна відносної деформації сировини  $\varepsilon$ , при розгляді деформування сировини останнім витком шнека (3.64) будемо враховувати зміну відносної деформації вздовж відстані  $l$ :

$$\varepsilon_{o.к.} = \left(1 - \frac{\beta}{360}\right) \cdot e^{-0,037 \cdot l \cdot D_{ш}^{-0,33}}, \quad (3.66)$$

де  $l = L_{AB} \cdot \operatorname{tg} \alpha = \pi \cdot D_{ш} \cdot \frac{\beta}{360} \cdot \operatorname{tg} \alpha$  – відстань від поверхні останнього витка до РВ.

Після підстановки одержаного виразу у рівняння (3.57), були визначені напруження стискання, що виникає в шарі сировини, положення якого в коловому напрямі визначається кутом  $\beta$ :

$$\sigma_{ст.} = \left(1 - \frac{\beta}{360}\right) \cdot e^{-0,037 \cdot l \cdot D_{ш}^{-0,33}} \cdot k_{\varepsilon} \cdot E; \quad (3.67)$$

Підставивши одержані часткові вирази у вихідне рівняння (3.56) і, скоротивши  $S_{омв}$ , м<sup>2</sup> одержуємо:

$$\begin{aligned} & \left(1 - \frac{\beta}{360}\right) \cdot \left(e^{-0,037 \cdot \pi \cdot D_{ш} \cdot \frac{\beta}{360} \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot D_{ш}^{-0,33}}\right) \cdot \frac{H_{зан}}{H_o} \cdot \frac{E}{\varphi} = \\ & = \left(\theta_{неп} \cdot \left(\frac{1-\varphi}{\varphi}\right) + \theta_{зр} + \left(\frac{q_0}{k_{\sigma}}\right) \cdot e^{\frac{4f \cdot k_{\sigma} \cdot B_p}{d_0}} - \frac{q_0}{k_{\sigma}}\right) \times \quad ; \quad (3.68) \\ & \times \left(\frac{\pi \cdot k_{пром} \cdot n_{ш} \cdot e^{\alpha_v} \cdot (D_{ш} - h) \cdot \sin \alpha}{v_1 \cdot \cos \gamma_{mp}} \cdot \cos(\alpha + \gamma_{mp})\right)^{b_v} \end{aligned}$$

Рівняння (3.68) можна розв'язати лише чисельними методами, тому для практичних розрахунків були введено спрощення, відповідно до якого зміна деформації по товщині шару сировини не враховується. В такому разі значення кута  $\beta_{max}$ , який окреслює зону подачі сировини шнеком у РВл, буде, град:

$$\beta = 360 - 360 \left( \theta_{\text{нен}} \cdot \left( \frac{1-\varphi}{\varphi} \right) + \theta_{\text{зр}} + \left( \frac{q_0}{k_\sigma} \right) \cdot e^{\frac{4f \cdot k_\sigma \cdot B_p}{d_0}} - \frac{q_0}{k_\sigma} \right) \times \left( \frac{\varphi \cdot k_{\text{пром}} \cdot H_0}{E \cdot H_{\text{зан}}} \right) \cdot \left( \frac{\pi \cdot n_{\text{ш}} \cdot e^{a_v} \cdot (D_{\text{ш}} - h) \cdot \sin \alpha}{v_1 \cdot \cos \gamma_{\text{мп}}} \cdot \cos(\alpha + \gamma_{\text{мп}}) \right)^{b_v}; \quad (3.69)$$

На рис. 3.47, 3.48 представлено результати [287] визначення кута подачі сировини  $\beta$  за виразом (3.69) для вовчка із зовнішнім діаметром перфорованих решіток РВ  $D_p = 0,16$  м.

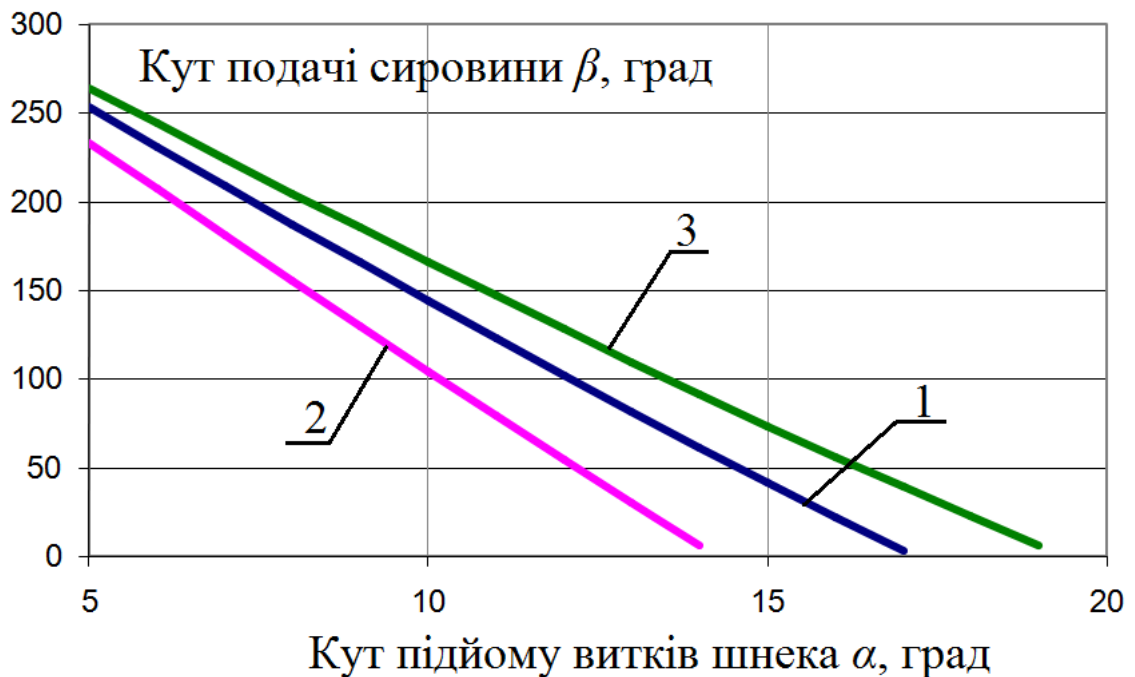
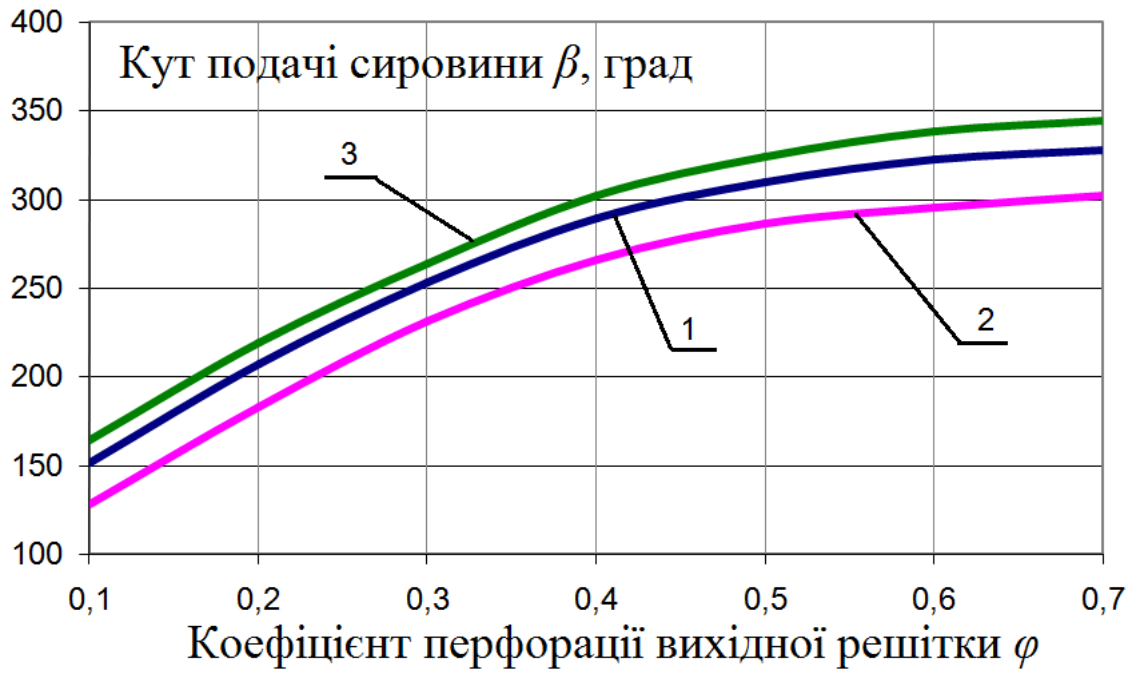
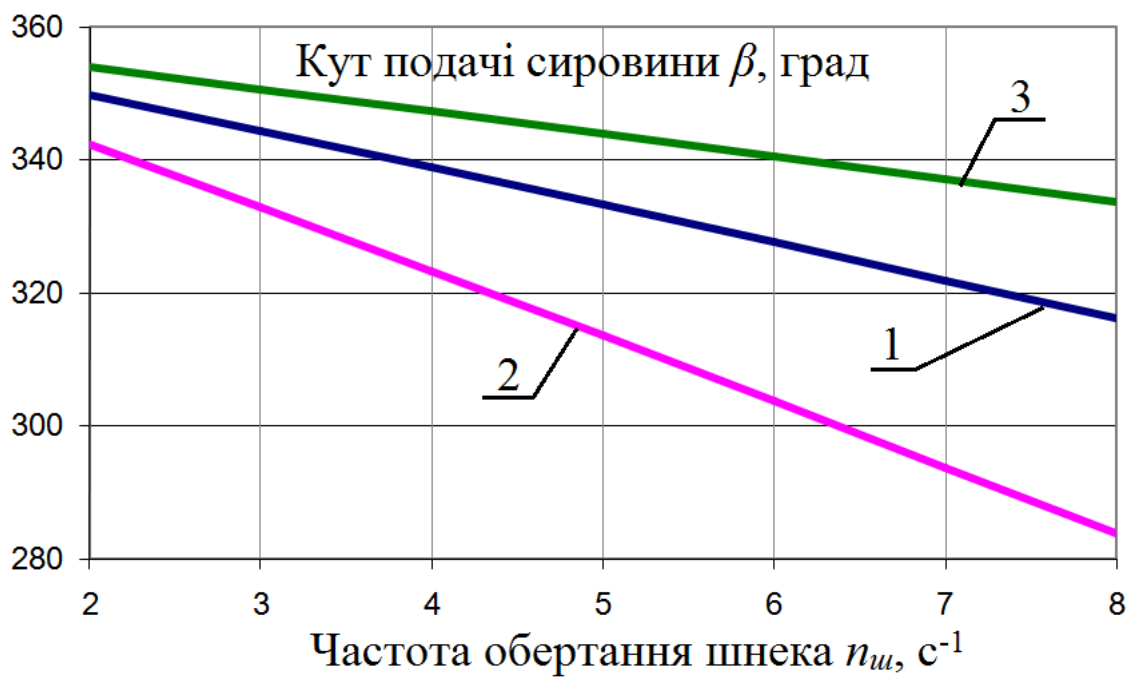


Рис. 3.47. Залежність кута подачі сировини шнеком м'ясорізального вовчка  $\beta$  від кута підйому витків шнека  $\alpha$ : (1 – яловичина; 2 – свинина; 3 – м'ясо курки)



а)



б)

Рис. 3.48. Залежність кута подачі сировини шнеком вовчка  $\beta$  від: а) коефіцієнта перфорації вихідної решітки  $\varphi$ ; б) – частоти обертання шнека  $n_{\text{шн}}$ : (1 – яловичина; 2 – свинина; 3 – м'ясо курки)



Як слідує з отриманих графічних залежностей, при підвищенні кута підйому витків шнека  $\alpha$  (для решітки з діаметром отворів 0,003 м) величина кута подачі сировини  $\beta$  пропорційно зменшується (рис. 3.48). Даний факт пояснюється віддаленням поверхні витка останнього шнека від РВ і, внаслідок цього, його меншою подавальною здатністю за умови необхідності додання високого ГО отворів мілкового діаметра [287].

При підвищенні коефіцієнта перфорації решітки (за рахунок збільшення діаметра отворів) величина кута подачі сировини  $\beta$  збільшується, але до певної межі (рис. 3.48, а). Зростання діаметра отворів решітки зумовлює зниження її ГО опору, що позитивно відбивається на підвищенні продуктивності вовчка [287].

Збільшення частоти обертання шнека  $n_{ш}$  знижує значення кута подачі сировини внаслідок збільшення ГО опору отворів решітки при підвищенні швидкості руху сировини (рис. 3.48, б).

Застосовуючи вираз (3.69), стало можливим визначити величину коефіцієнта використання шнека  $K_{в.ш.}$  за виразом (3.42).

Далі визначено коефіцієнт продуктивності вовчка  $K_Q$  (рис. 3.49). Його можна вирахувати як відношення площі активної частини решітки  $S_p^{акт}$ , крізь яку може нагнітатись сировина і яка обмежена кутом  $\beta_{max}$ , до загальної площі решітки  $S_p$ :

$$K_Q = \frac{S_p^{акт}}{S_p}; \quad (3.70)$$

Площа активної частини решітки визначається так, м<sup>2</sup>:

$$S_p^{акт} = S_{сек} - S_n^{акт}, \quad (3.71)$$

де  $S_{сек} = \varphi \cdot \frac{\pi}{4} (D_p^2 - d_p^2) \frac{\beta_{max}}{360}$  – площа кільцевого сектора, обмеженого кутом  $\beta_{max}$ , м<sup>2</sup>;

$S_n^{акт} = S_l^{акт} \cdot z_l^{акт}$  – площа фронтальних проекцій лез ножа що знаходяться в зоні нагнітання сировини, яка окреслена кутом  $\beta_{max}$ , м<sup>2</sup>;

$S_p = \varphi \cdot \frac{\pi}{4} (D_p^2 - d_p^2)$  – площа перфорованої решітки, м<sup>2</sup>;

$D_p$  – зовнішній діаметр перфорованої решітки, м;

$d_p$  – діаметр центрального отвору перфорованої решітки, м;

$S_l^{акт}$  – площа фронтальної проєкції одного леза ножа, яке знаходиться в зоні подачі сировини, яка обмежена кутом  $\beta_{max}$ , м<sup>2</sup>;

$z_l^{акт}$  – кількість леза ножа, які знаходяться в зоні ефективної подачі сировини, яка обмежена кутом  $\beta_{max}$ .

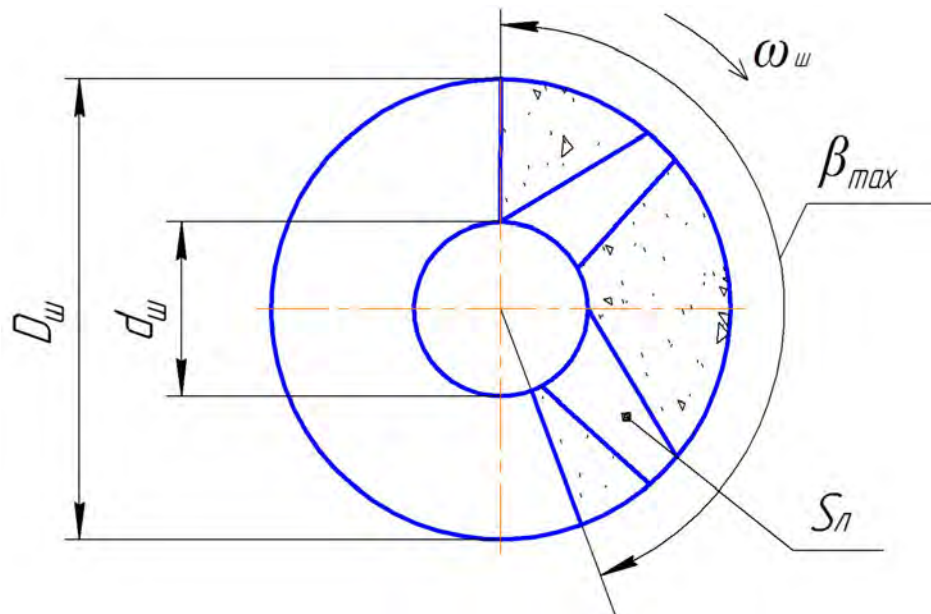


Рис. 3.49. Схема останнього витка шнека (вигляд спереду) для визначення коефіцієнта  $K_Q$  продуктивності вовчка

В такому разі, після елементарних перетворень, кінцевий вираз по визначенню коефіцієнта продуктивності вовчка  $K_Q$  приймає вигляд:

$$K_Q = \frac{\beta_{max}}{360} - \frac{4S_l^{акт} \cdot z_l^{акт}}{\varphi \cdot \pi (D_p^2 - d_p^2)}; \quad (3.72)$$

З урахуванням рівняння (3.69):

$$K_Q = 1 - \frac{S_l^{акт} \cdot z_l^{акт}}{\varphi \cdot \frac{\pi}{4} (D_p^2 - d_p^2)} - \left( \theta_{нен} \cdot \left( \frac{1-\varphi}{\varphi} \right) + \theta_{зр} + \left( \frac{q_0}{k_\sigma} \right) \cdot e^{\frac{4f \cdot k_\sigma \cdot B_p}{d_0}} - \frac{q_0}{k_\sigma} \right) \times \left( \frac{\varphi \cdot k_{пром} \cdot H_o}{E \cdot H_{зан.}} \right) \left( \frac{\pi \cdot n_{ш} \cdot e^{a_v} (D_{ш} - h) \sin \alpha}{v_1 \cdot \cos \gamma_{mp}} \cdot \cos(\alpha + \gamma_{mp}) \right)^{b_v}; \quad (3.73)$$

За формулою (3.73) можна визначати коефіцієнт продуктивності вовчка в практичних цілях. Ця формула враховує як зниження продуктивності вовчка через зменшення нагнітальної здатності шнека, так і зниження продуктивності через перекриття лезами ножа отворів перфорованих решіток. Це дає можливість врахувати особливості структурно-механічних властивостей м'яса та конструкцію ножів і решіток РВ вовчка.

На рис. 3.50, 3.51 наведено графічні залежності, отримані розрахунком значення коефіцієнта продуктивності вовчка  $K_Q$  за виразом (3.73).

Характер впливу кута підйому витків  $\alpha$  (рис. 3.50, а) аналогічний впливу кута подачі сировини. Підвищення товщини решітки  $B_p$  суттєво зменшує значення коефіцієнта продуктивності за рахунок збільшення ГО опору отворів решітки (рис. 3.50, б). При збільшенні площі лез  $S_l$  ножа, які знаходяться в межах кута подачі сировини  $\beta$ , коефіцієнт продуктивності зменшується внаслідок зменшення кількості отворів, вільних для проходження сировини (рис. 3.51).

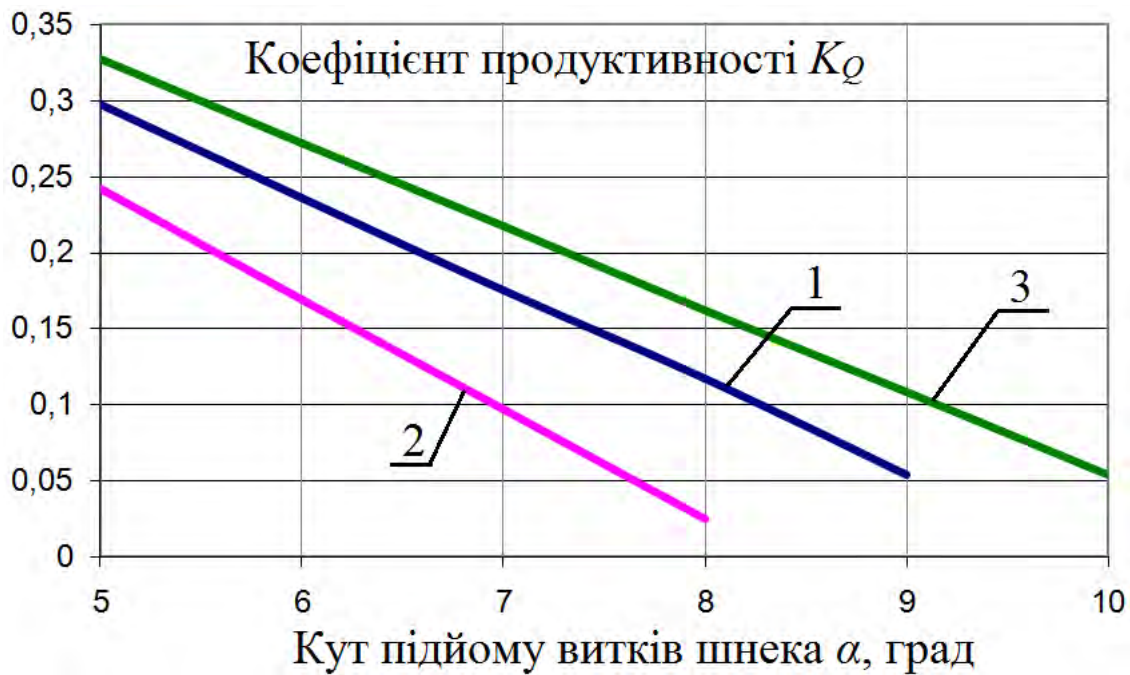
Одержані результати можуть бути використанні під час проектування вовчків та для обґрунтування високопродуктивних способів подачі м'яса до їх РВ.

Експериментальним шляхом було досліджено [5] залежність величини продуктивності вовчків АЛ-130, МП-160, VVS-180, К6-ФВЗП-200 від конструкції їх робочих органів та частоти їх обертання (рис. 3.52-3.54).

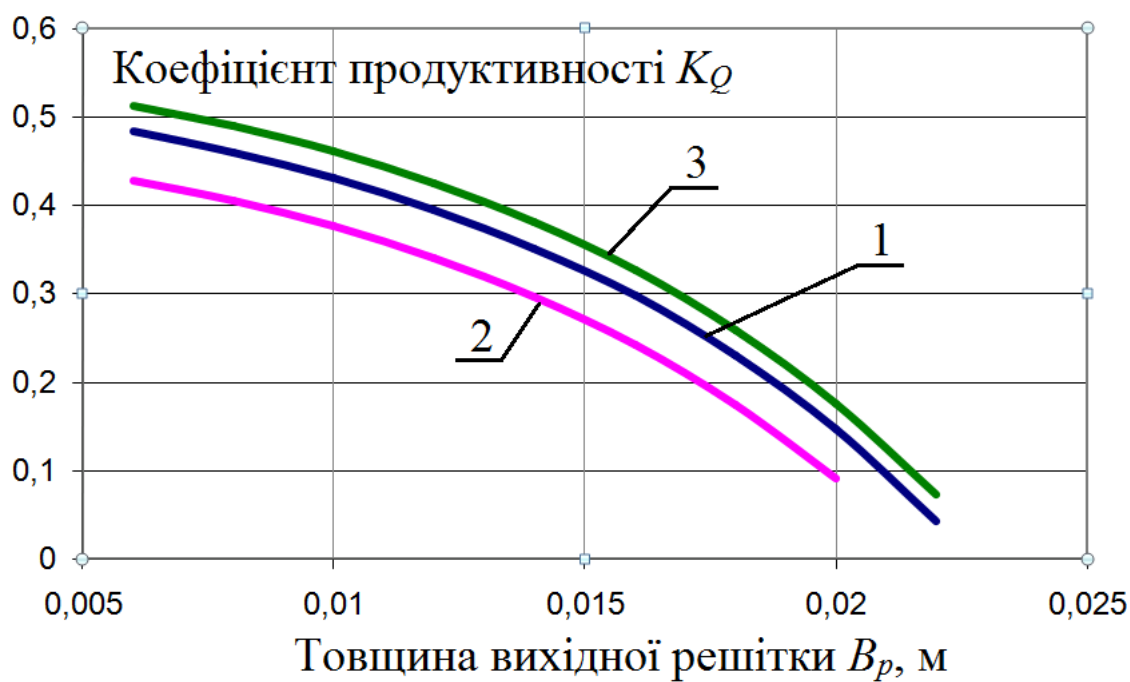
Як свідчать отримані результати, означені параметри істотним чином впливають на величину продуктивності вовчка.

Збільшення зовнішнього діаметра решітки  $D_p$  приводить до збільшення продуктивності за рахунок зростання кількості отворів для проходження сировини (рис. 3.52, а). Так, при збільшенні діаметра решітки зі 130 до 170 мм продуктивність збільшується у 2,3 разу.

Зміна інших параметрів дає змогу збільшити питому продуктивність вовчка, не збільшуючи габарит його робочих органів (ножів, решіток, шнека і циліндра).



а)



б)

Рис. 3.50. Залежність коефіцієнта продуктивності м'ясорізального вовчка  $K_Q$  від: а) – кута підйому витків шнека  $\alpha$ ; б) – товщини вихідної решітки  $B_p$ : (1 – яловичина; 2 – свинина; 3 – м'ясо курки)

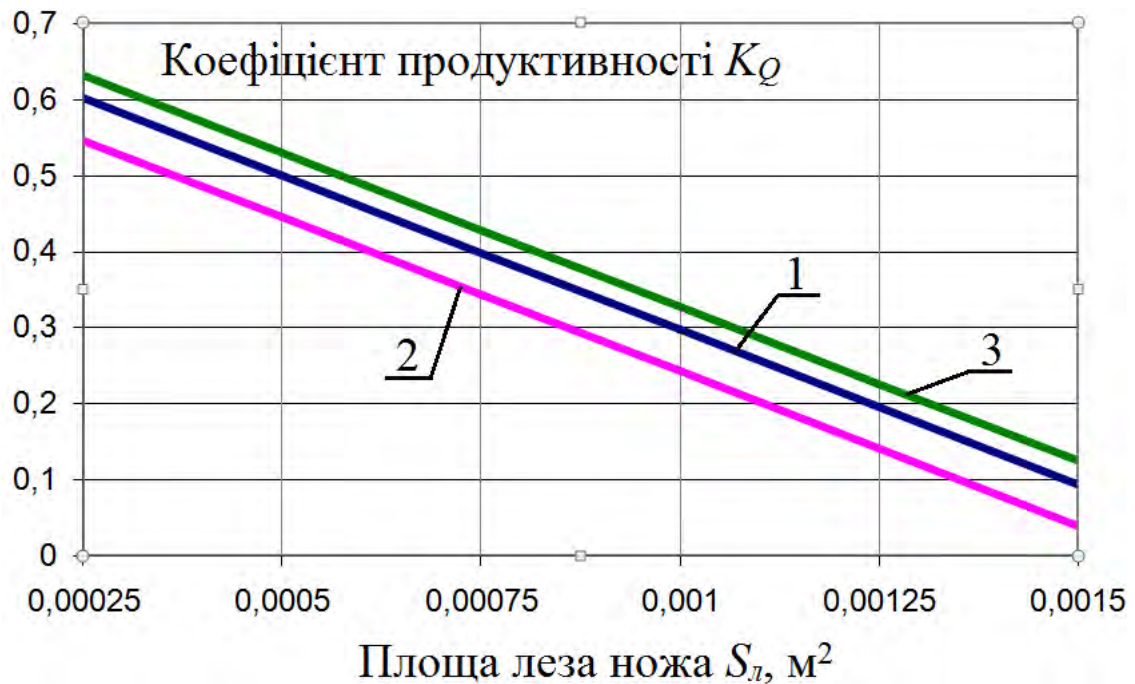
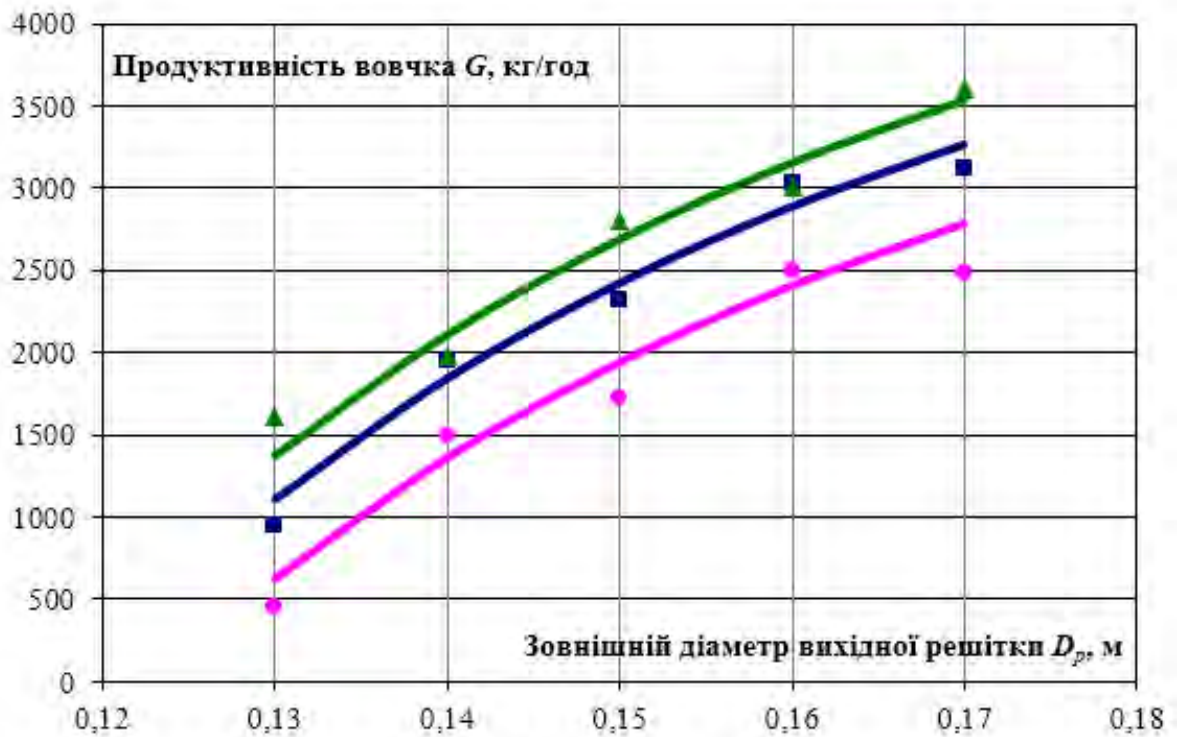


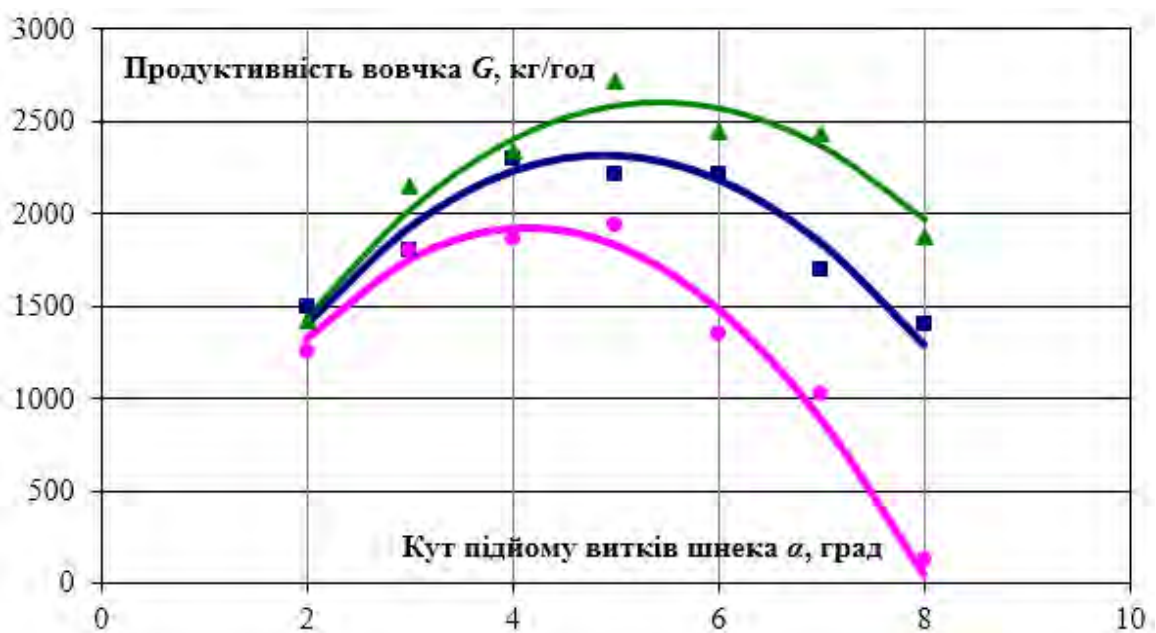
Рис. 3.51. Залежність коефіцієнта продуктивності м'ясорізального вовчка  $K_Q$  від площі фронтальної проекції лез ножа  $S_n$ , який контактує з вихідною решіткою: (1 – яловичина; 2 – свинина; 3 – м'ясо курки)

Підвищення кута підйому витків шнека  $\alpha$  від  $2^\circ$  до  $5^\circ$  приводить до збільшення продуктивності на величину близько двох разів (рис. 3.52, б). У той же час подальше збільшення  $\alpha$  призводить до зниження продуктивності вовчка [5]. Це можна пояснити тим, що шнек із вищим значенням  $\alpha$  за один оберт забезпечує переміщення порції сировини на більшу осьову відстань (в такому разі продуктивність вовчка збільшується). Але при цьому зменшується частка зусилля, яке штовхає сировину в осьовому напрямку шнека. При наявності ГО з боку РВ таке зниження зусилля подачі призводить до того, що крізь отвори перфорованої решітки протискується менша кількість сировини, м'ясна сировина починає проковзувати по витках шнека, рухатись по шнековому каналу та крізь зазор між шнеком і циліндром у зворотному напрямі [5].

Внаслідок цього при низьких значеннях ГО РВ (при зменшених значеннях  $B_p$ ) зростання  $\alpha$  приводить до збільшення продуктивності вовчка (рис. 3.53, а), а при збільшеному ГО РВ (при вищих значеннях  $B_p$ ) зростання  $\alpha$  призводить до зменшення продуктивності вовчка.

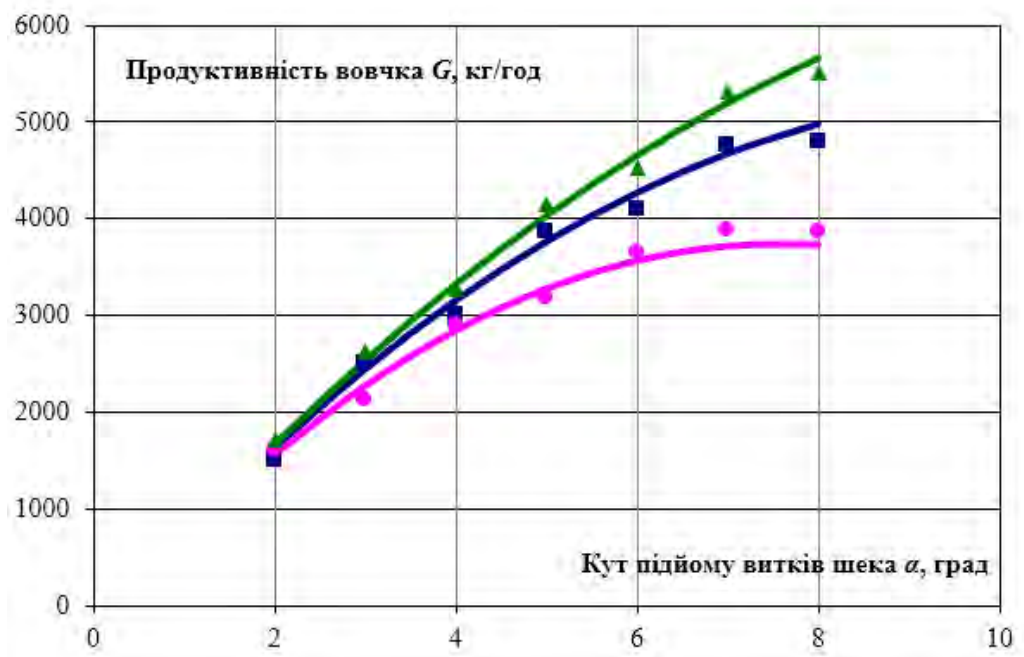


а)

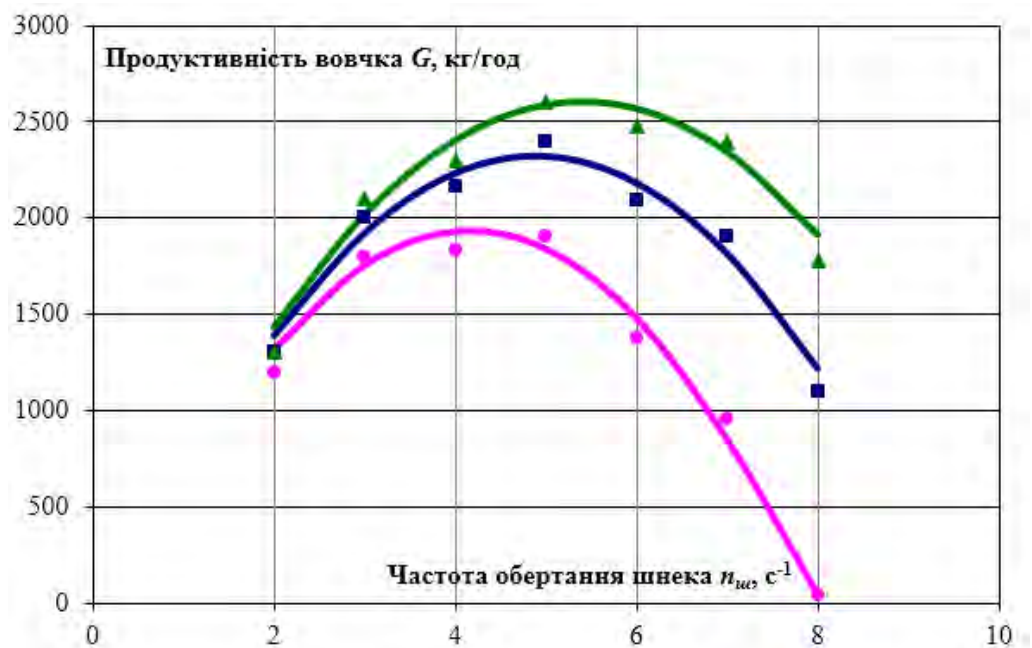


б)

Рис. 3.52. Залежність продуктивності м'ясорізального вівчарки від: а) – зовнішнього діаметра вихідної решітки  $D_p$ ; б) – кута підйому витків шнека  $\alpha$  при товщині вихідної решітки  $B_p=0,016$  м: (■ – яловичина; ● – свинина; ▲ – м'ясо курки)

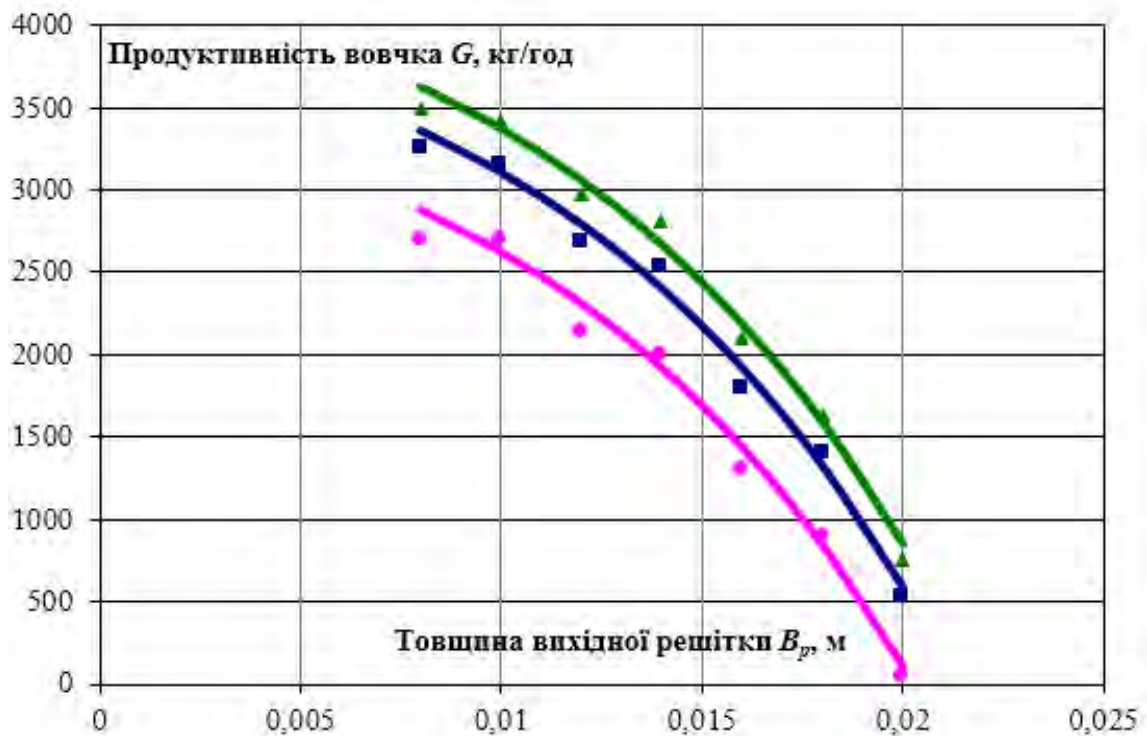


а)

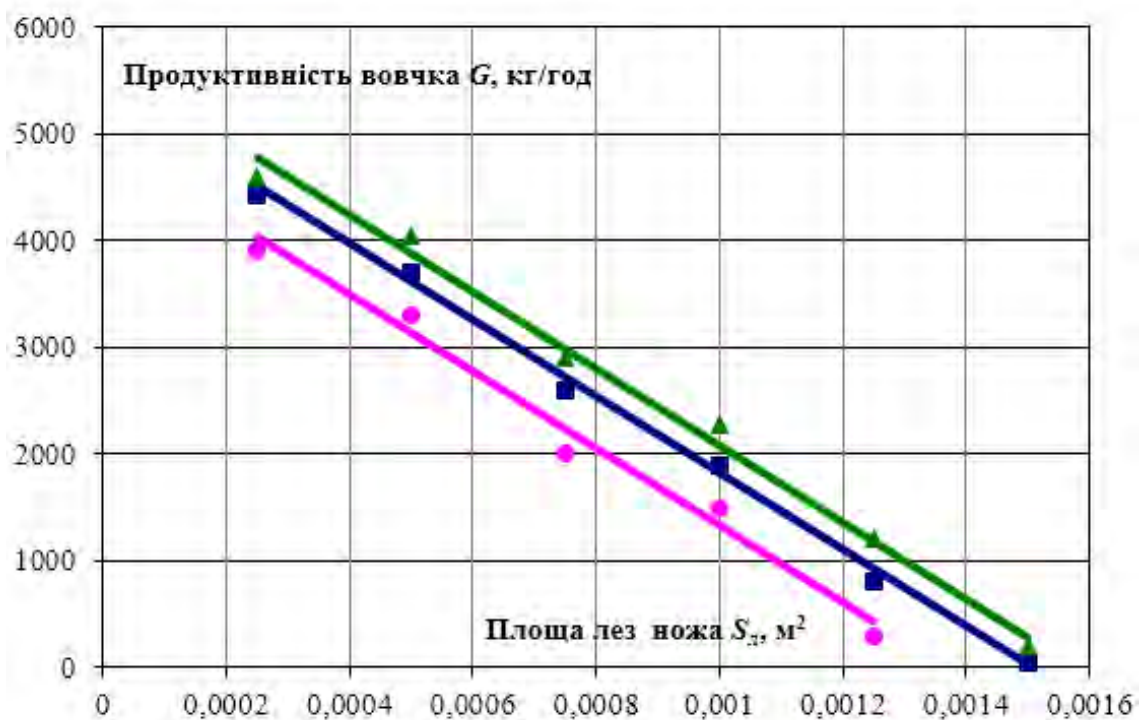


б)

Рис. 3.53. Залежність продуктивності м'ясорізального вовчка від: а) – кута підйому витків шнека  $\alpha$  при товщині вихідної решітки  $B_p=0,008$  м; б) – частоти обертання шнека  $n_{\text{шн}}$ : (■ – яловичина; ● – свинина; ▲ – м'ясо курки)



а)



б)

Рис. 3.54. Залежність продуктивності м'ясорізального вовчка від: а) – товщини вихідної решітки  $B_p$ ; б) – площі фронтальної проекції лез ножа  $S_{л}$ , який контактує з вихідною решіткою: (■ – яловичина; ● – свинина; ▲ – м'ясо курки)



Для м'ясорізальних вовчків, які призначені для роботи з вихідними решітками, що мають мілкі отвори (подрібнення сировини до стану фаршу), можна рекомендувати шнеки з  $\alpha=4\dots5^\circ$ , а для вовчків, які призначені для роботи з вихідними решітками, що мають крупні отвори (подрібнення сировини до стану шроту), можна рекомендувати шнеки з  $\alpha=5,5\dots8^\circ$  [5].

Вплив частоти обертання шнека  $n_{ш}$  (рис. 3.53, б) аналогічний впливу кута підйому витків шнека. При підвищенні частоти обертання продуктивність вовчка спочатку збільшується, досягає свого максимуму, а потім зменшується. Максимальні значення продуктивності відповідають  $n_{ш}=4\dots6 \text{ с}^{-1}$ . Подальше збільшення  $n_{ш}$  зменшує продуктивність [5].

Це можна пояснити тим, що вищій швидкості руху сировини крізь отвори решітки відповідає їх більший ГО. Збільшення ГО РВ зумовлює, серед іншого, зростання кількості сировини, яка рухається між витками шнека та крізь зазор між шнеком і циліндром у зворотному від різального вузла напрямі. Це також спричинює зниження продуктивності.

Підвищення товщини вихідної решітки  $B_p$  призводить до стрімкого зниження продуктивності (рис. 3.54, а). Це пояснюється збільшенням ГО отворів при підвищенні їх довжини (ГО зростає за експоненціальним законом). Як результат, при підвищенні товщини вихідної решітки з 8 до 20 мм продуктивність зменшується, залежно від виду сировини, у 4,5...6,8 разу [5].

Залежність продуктивності м'ясорізального вовчка від площі  $S_n$  фронтальної проекції лез ножа, який працює в парі з вихідною решіткою, має обернено-пропорційний характер (рис. 3.54, б). В даному випадку зменшення продуктивності вовчка при збільшенні сумарної площі лез відбувається внаслідок перекриття більшої кількості отворів для проходження сировини [5].

Точність отриманих виразів по визначенню продуктивності лежить в межах 5...7 % відносно експериментальних значень.

Базуючись на результатах попередніх експериментальних досліджень процесу подрібнення м'ясної сировини проведено [5] статистичний аналіз впливу його конструктивних параметрів на продуктивність процесу подрібнення (табл. 3.6).

Таблиця 3.6

## Статистичні характеристики розподілу параметрів конструкції

Показник	Значення параметрів				
	$D_p, \text{м}$	$n_{ш}, \text{с}^{-1}$	$\alpha, \text{град}$	$S_l, \text{м}^2$	$B_p, \text{м}$
Мінімальне значення	0,13	3	3	0,006	0,008
Максимальне значення	0,17	7	7	0,014	0,016
Середнє значення	0,15	5	5	0,01	0,012
Верхня величина довірчого інтервалу	0,153	5,293	5,296	0,011	0,013
Нижня величина довірчого інтервалу	0,147	4,7	4,7	0,009	0,011
Геометричне середнє	0,15	4,98	4,9	0,01	0,012
Гармонічне середнє	0,149	4,813	4,813	0,01	0,012
Медіана	0,15	5	5	0,01	0,12
Мода	множина	множина	множина	множина	множина
Частота моди	16	16	16	16	16
Нижній кuartиль	0,14	4	4	0,08	0,01
Верхній кuartиль	0,16	6	6	0,012	0,014
Розмах	0,04	4	4	0,008	0,008
Кuartиль розмаху	0,02	2	2	0,004	0,004
Асиметрія	0	0	0	0	0
Коефіцієнт ексцесу (куртозису)	-1,24	-1,24	-1,24	-1,24	-1,24

Параметром оптимізації досліджуваного процесу було визначено продуктивність машини  $G$ , кг/год:

$$G = f(D_p, n_{ш}, \alpha, S_l, B_p), \quad (3.74)$$

де  $D_p$  – зовнішній діаметр вихідної решітки РВ, м;  $n_{ш}$  – частота обертання шнека,  $\text{с}^{-1}$ ;  $\alpha$  – кут підйому витків шнека, град;  $S_l$  – площа фронтальної проекції одного леза ножа,  $\text{м}^2$ ;  $B_p$  – товщина вихідної решітки РВ, м.

Вивчення впливу означених вище факторів на технологічні параметри досліджуваного процесу під час здійснення однофакторних експериментів пов'язане зі суттєвими труднощами та значними обсягами робіт. Тому раціональним є здійснення [5] статистичного аналізу для одержання функціональної залежності у вигляді множинної регресії другого порядку за допомогою рототабельного центрально-композиційного планування багатфакторного експерименту (РЦКП).

Метод РЦКП дає можливість отримати більш точний математичний опис розподілу даних за рахунок підвищення кількості експериментів у центральних точках матриці плану і відповідного вибору величини «зіркового значення»  $\alpha$ .

Аналіз статистичних характеристик одержаних даних показав, що коефіцієнти їх асиметрії прагнуть до нуля, тобто розподіл експериментальних даних є симетричним та він апроксимується за нормальним законом.

Вибір діапазонів варіювання факторів функцій провадився наступним чином. Будь-яка їх сукупність, яка передбачена планом експерименту, могла бути реалізована в даних інтервалах і не призводила до протиріч. Для цього було здійснено пошукові експерименти для долідження областей, в яких необхідні поєднання рівнів факторів були б стійко реалізовані.

Усі фактори, які входять у пошукові функції, є величинами, які володіють різною розмірністю, а значення цих величин факторів мають різні порядки. Тому, для одержання поверхні відгуку цих функцій було проведено операцію кодування факторів, що представляє собою лінійне перетворення факторного простору.

Встановлено наступні значення рівнів факторів в умовному масштабі: мінімальний  $-1$ , середній  $-0$ , максимальний  $+1$  та зіркові значення  $-\alpha$ ;  $+\alpha$ .

Істинні значення факторів матриці РЦКП було встановлено на основі здійснення пошукових експериментів і їх наведено в табл. 3.7.

Було заплановано отримати рівняння множинної регресії 2-го порядку:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \sum_{i=1}^n b_{ij} x_i^2 + \sum_{i=1}^n b_{ij} x_{ij} x_{ij}, \quad (3.75)$$

де  $y$  – одна з якісних функцій;  $b_0, b_i, b_j$  – коефіцієнти регресії, отримані методом найменших квадратів.

Для оцінювання адекватності одержаних регресійних рівнянь було використано [5] аналітичні та графічні методи аналізу. Гіпотеза про відтворюваність дослідів перевірялась за допомогою критерію Кохрена, який вказує, що на 95% рівні довірчої ймовірності дисперсії однорідні, оскільки розрахункове значення критерію менше за табличне. Перевірка значущості коефіцієнтів регресії здійснювалась за  $t$ -критерієм Ст'юдента.

Таблиця 3.7

### Рівні факторів та інтервали варіювання параметрів оптимізації

Фактори	Рівні факторів					Інтервал варіювання
	$-\alpha$	-1	0	+1	$+\alpha$	
Процес подрібнення						
$x_1$ – зовнішній діаметр вихідної решітки РВ, м	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,1
$x_2$ – частота обертання шнека, $c^{-1}$	3	4	5	6	7	1
$x_3$ – кут підйому витків шнека, град	3	4	5	6	7	1
$x_4$ – площа фронтальної проекції одного леза ножа, $m^2$	0,006	0,008	0,01	0,012	0,014	0,002
$x_5$ – товщина вихідної решітки РВ, м	0,008	0,01	0,012	0,014	0,016	0,002

Оцінка адекватності одержаних математичних моделей проводилась за критерієм Фішера, який показав, що розрахункові значення суттєво нижчі від критичних. А значить одержані регресійні моделі адекватно описують поверхні відгуку та їх можна застосовувати для оптимізації досліджуваних процесів.

Розрахункові значення критеріальної оцінки відображено в табл. 3.8.

Таблиця 3.8

## Значення розрахованих критеріїв до отриманих регресійних моделей

Критерій оцінювання	Позначення критерію	Функція відгуку
		$G$
Коефіцієнт детермінації;	$R^2$	0,75
Дисперсія адекватності	$S_{ад}$	195381
Дисперсія відтворюваності	$S_{відт}$	238406
Критерій Фішера	$F$	0,07
Критичне значення критерію Фішера, що рівне значенню розподілу Фішера	$F_{\alpha, f1, f2}$	5,8 <sub>0,05;4;21</sub>

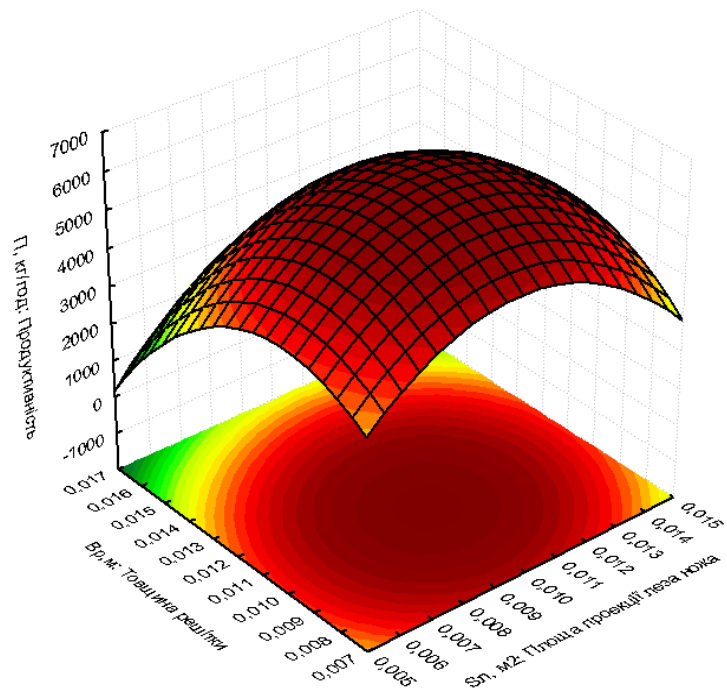
Можна зробити наступний висновок. Залишки не мають кореляційних зв'язків між собою, а значить регресійна модель достатньою мірою описує взаємозв'язок експериментальних величин та є адекватною.

Як слідує з табл. 3.8, рівняння регресії виявилось адекватним. Результати досліджень наведені на рис. 3.55-3.59.

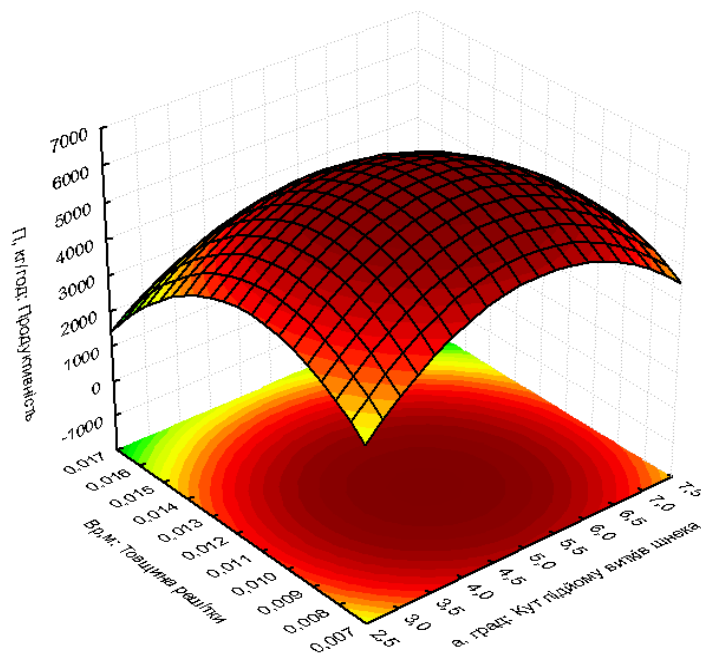
Після обробки експериментальних даних у статистичному середовищі STATISTICA 10.0 було визначено [5] коефіцієнти комплексного рівняння множинної регресії 2-го порядку та отримано наступну залежність:

$$G = -80127 + 702987D_p + 3249n_{uu} + 3256\alpha + 1224813S_{\lambda} + 2151062B_p - 2550000D_p^2 - 367n_{uu}^2 - 349\alpha^2 - 87187500_{\lambda}^2 - 88750000B_p^2 + 4750D_p n_{uu} + 5125D_p \alpha + 2468750D_p S_{\lambda} - (3.76) \\ - 812500D_p B_p + 4062n_{uu} S_{\lambda} - 33125n_{uu} B_p - 19063\alpha S_{\lambda} - 36250\alpha B_p$$

Методом Крамера в математичному середовищі «MathCAD 15» одержано [5] діапазон значень факторів, які забезпечують значення параметра оптимізації  $G$  близькі до максимальних (табл. 3.9).

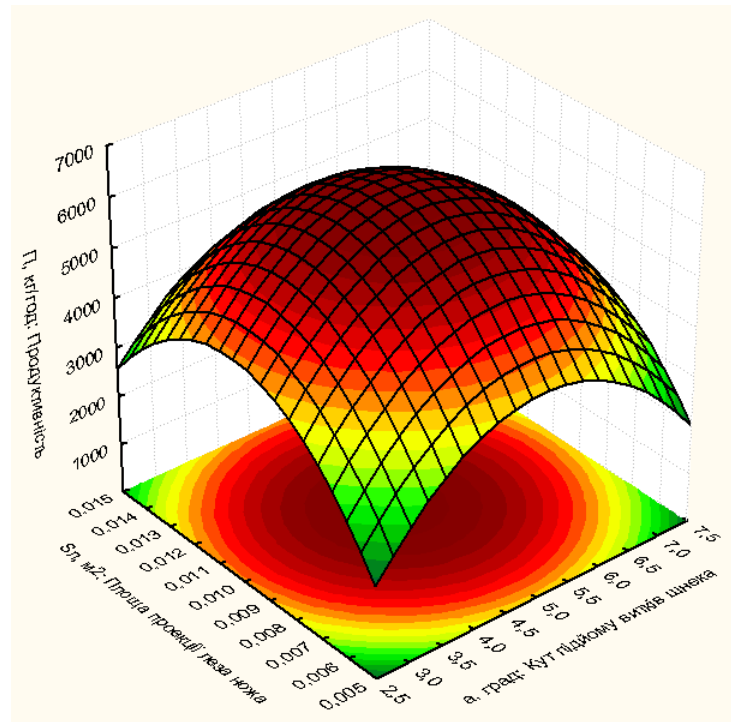


а)

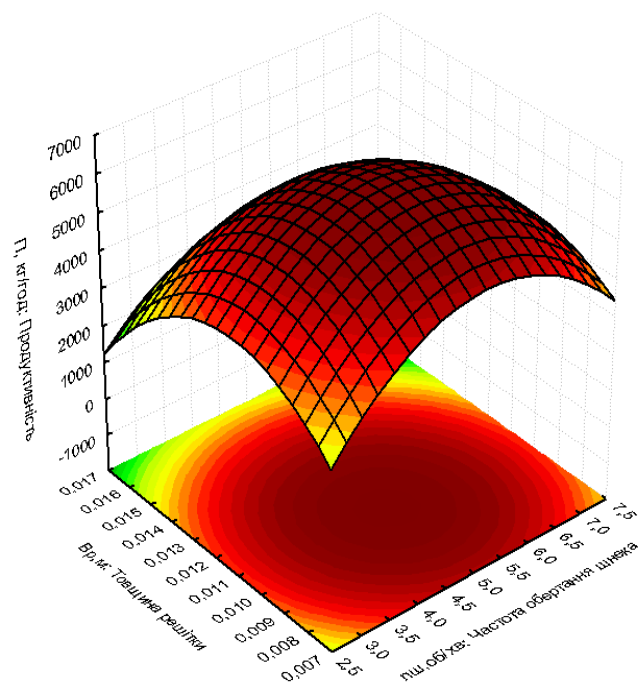


б)

Рис. 3.55. Поверхні відгуків та їх проєкції для продуктивності м'ясорізального вовчка у парній взаємодії основних факторів: а) – площі фронтальної проєкції одного леза ножа та товщина вихідної решітки; б) – товщини вихідної решітки та кута підйому витків шнека

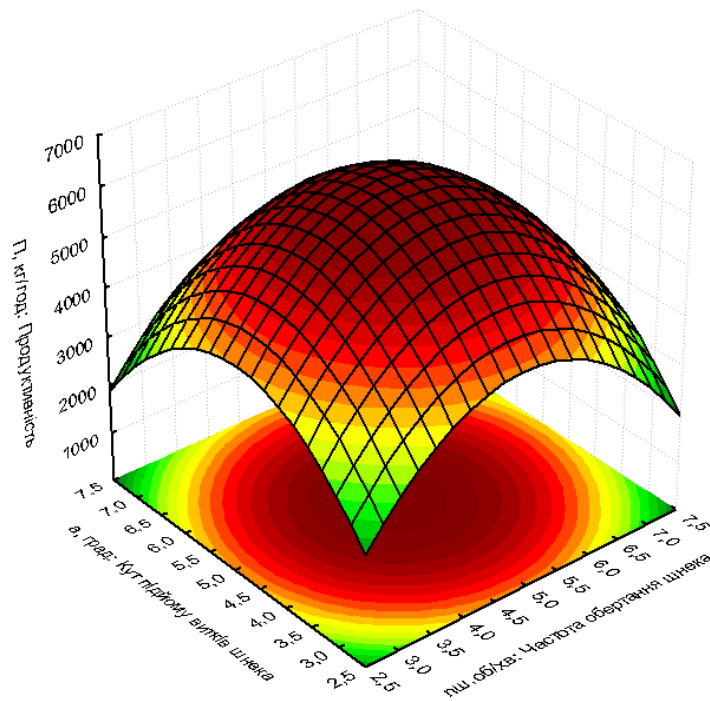
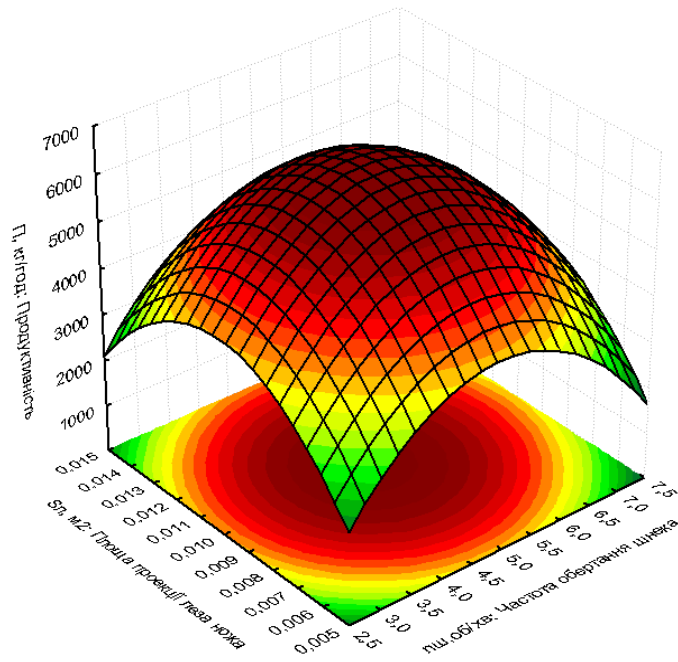


а)



б)

Рис. 3.56. Поверхні відгуків та їх проєкції для продуктивності м'ясорізального вовчка у парній взаємодії основних факторів: а) – площі фронтальної проєкції одного леза ножа та кута підйому витків шнека; б) – товщини вихідної решітки та частоти обертання шнека

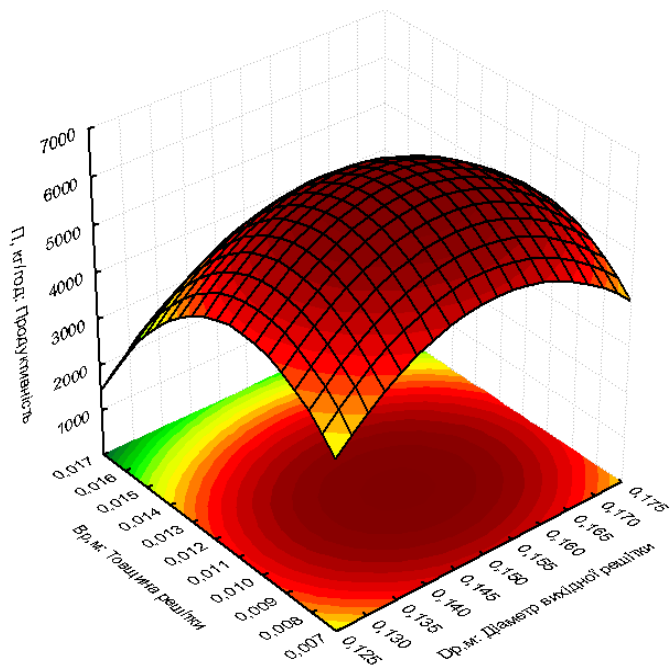


а)

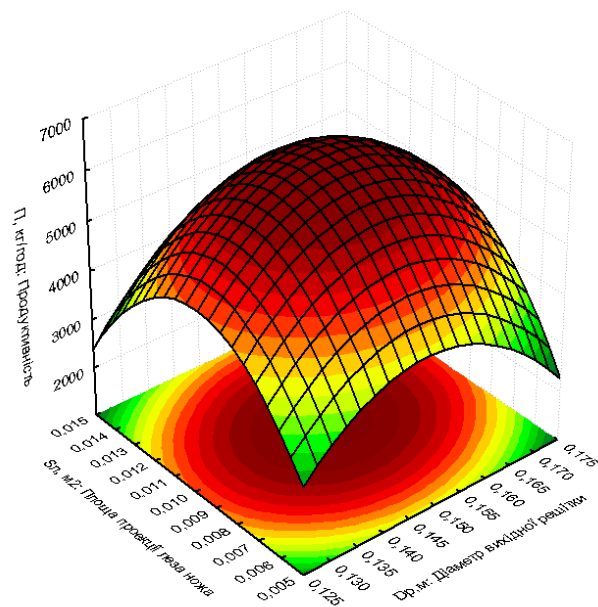
б)

Рис. 3.57. Поверхні відгуків та їх проєкції для продуктивності м'ясорізального вовчка у парній взаємодії основних факторів: а) - площі фронтальної проєкції одного леза ножа та частоти обертання шнека; б) - кута підйому витків шнека та частоти обертання шнека



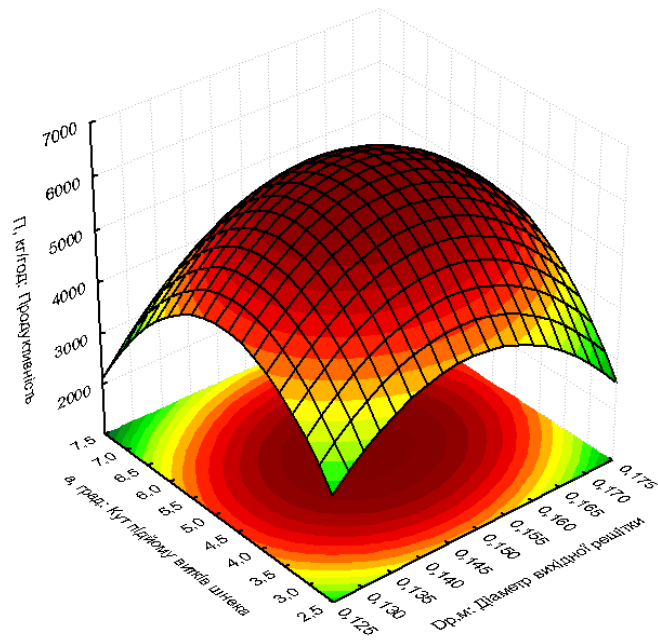


а)

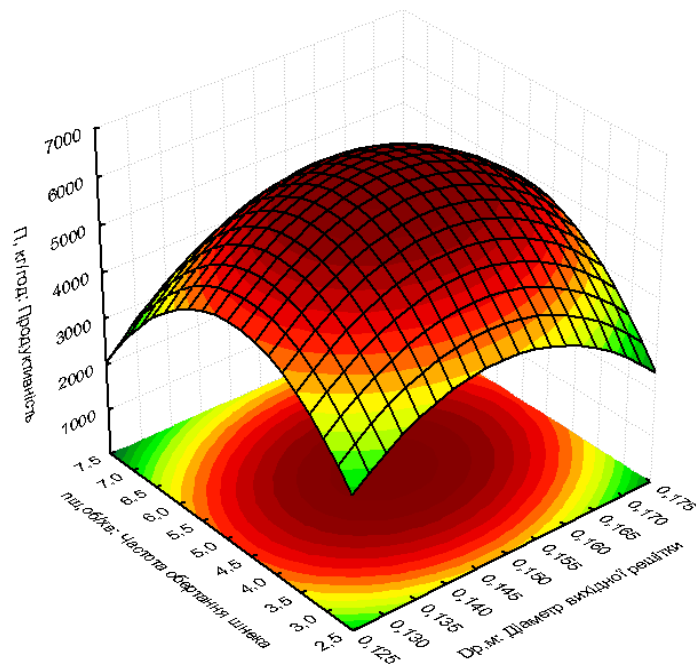


б)

Рис. 3.58. Поверхні відгуків та їх проєкції для продуктивності м'ясорізального вовчка у парній взаємодії основних факторів: а)– товщини вихідної решітки та її зовнішнього діаметра; б)– площі фронтальної проєкції одного леза ножа та зовнішнього діаметра вихідної решітки різального вузла



а)



б)

Рис. 3.59. Поверхні відгуків та їх проєкції для продуктивності м'ясорізального вовчка у парній взаємодії основних факторів: а) – кута підйому витків шнека та діаметра вихідної решітки різального вузла; б) – частоти обертання шнека та діаметра вихідної решітки різального вузла

**Оптимальні конструктивні та кінематичні параметри м'ясорізального  
вовчка**

Параметри конструкції та частоти обертання	Раціональне значення
Зовнішній діаметр вихідної решітки різального вузла, м	0,15...0,155
Частота обертання шнека, с <sup>-1</sup>	4,5...5,2
Кут підйому витків шнека, град	4,8...5,5
Площа фронтальної проекції одного леза ножа, м <sup>2</sup>	0,001...0,0011
Товщина вихідної решітки РВ, м	0,0075...0,0082

### 3.2.3 Гідродинаміка сировини в різальному вузлі вовчка

Із застосуванням розробленої методики (див. п. 2.2.2) були проведені [259] комплексні системні дослідження впливу конструктивного виконання РВ м'ясорізальних вовчків на гідравлічний опір рухові м'ясної сировини крізь нього. Одержані результати представлено у вигляді графічних залежностей (рис. 3.60–3.67).

Наведені криві з достатньою точністю описуються наступним рівнянням:

$$y = a + b \cdot x + c \cdot x^2, \quad (3.77)$$

де  $a$ ,  $b$ ,  $c$  – коефіцієнти (наведено в табл. А.1 Додатка А).

Виявлено [259], що залежність ГО решітки від її товщини має експоненціальний характер, який найбільш яскраво виражений для отворів мілких діаметрів (рис. 3.60, 3.61). Наявність відстаней між окремими решітками на величину товщини ножа призводить до збільшення загального ГО комплекту, причому більшим відстаням відповідає більш помітне підвищення ГО.

На рис. 3.62 представлено залежність гідравлічного опору від коефіцієнта перфорації решітки [259]. Залежність відносної деформації від прикладеного

тиску вказує на те, що м'ясна сировина в парному стані добре піддається стисненню (рис. 3.63).

При підвищенні товщини шару сировини в циліндрі суттєво збільшується ГО пакета решіток та одночасно з цим підвищується відносна деформація сировини, при якій починається процес протиснення (рис. 3.64, 3.65) [259].

Збільшення швидкості продавлювання сировини робить істотний вплив на величину ГО, значення якого при цьому прогресивно зростає (рис. 3.66, 3.67) [259].

Одержані результати створюють можливість пояснити подачу сировини шнеком вовчка в межах певної зони площі решітки (сировина продавлюється крізь отвори решіток тільки при досягненні граничного значення відносної деформації, що, в свою чергу, залежить від конструкції шнека) [259].

Вони можуть бути використані для встановлення значень перепаду тиску ( $p_2 - p_1$ ) (вираз (3.30)) та коефіцієнтів  $k_{пром}$ ,  $a_v$ ,  $b_v$  (вираз (3.55)) при розрахунку продуктивності вовчка. Ці результати надають можливість прогнозувати необхідну потужність фаршевого насоса, який подає сировину до РВ вовчка.

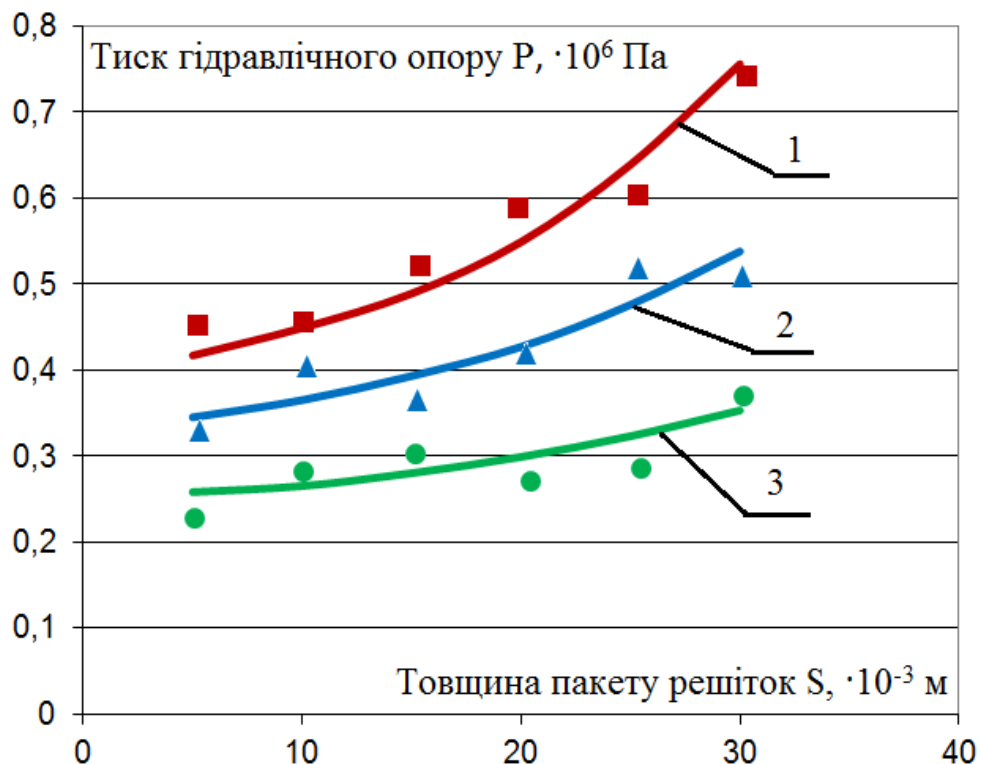


Рис. 3.60. Залежність гідралічного опору  $P$  від товщини пакета решіток  $S$  (для яловичини) при діаметрах отворів  $d$ , мм: 1 – 3; 2 – 5; 3 – 8

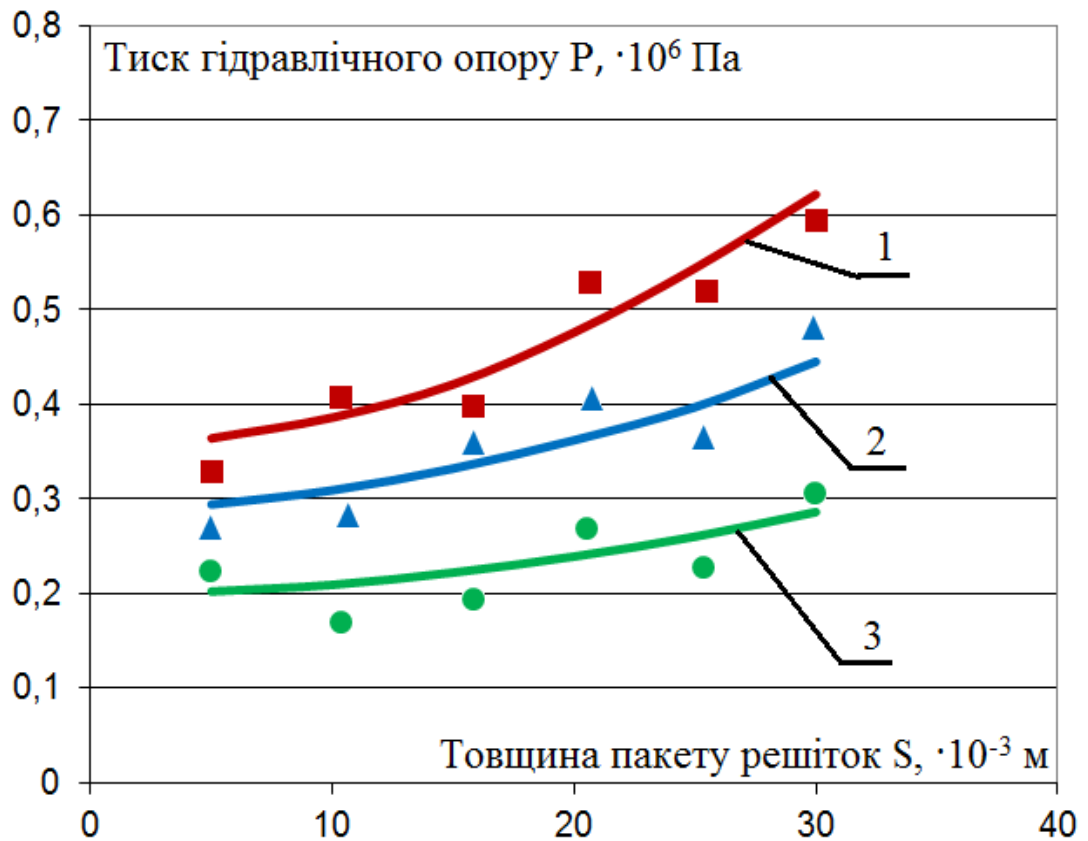


Рис. 3.61. Залежність гідравлічного опору  $P$  від товщини пакету решіток  $S$  (для свинини) при діаметрах отворів  $d$ , мм: 1 – 3; 2 – 5; 3 – 8

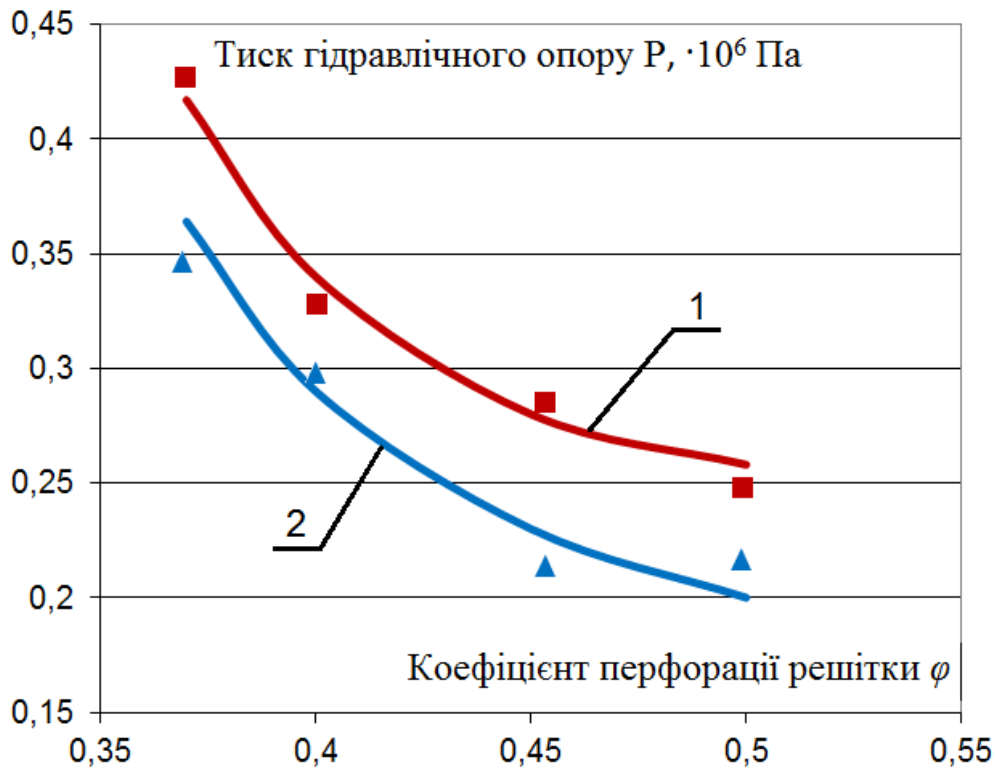


Рис. 3.62. Залежність тиску гідравлічного опору  $P$  від коефіцієнта перфорації решіток  $\varphi$  при діаметрах отворів  $d=3 \cdot 10^{-3}$  м і товщині  $S=15 \cdot 10^{-3}$  м для: 1 – яловичини; 2 – свинини

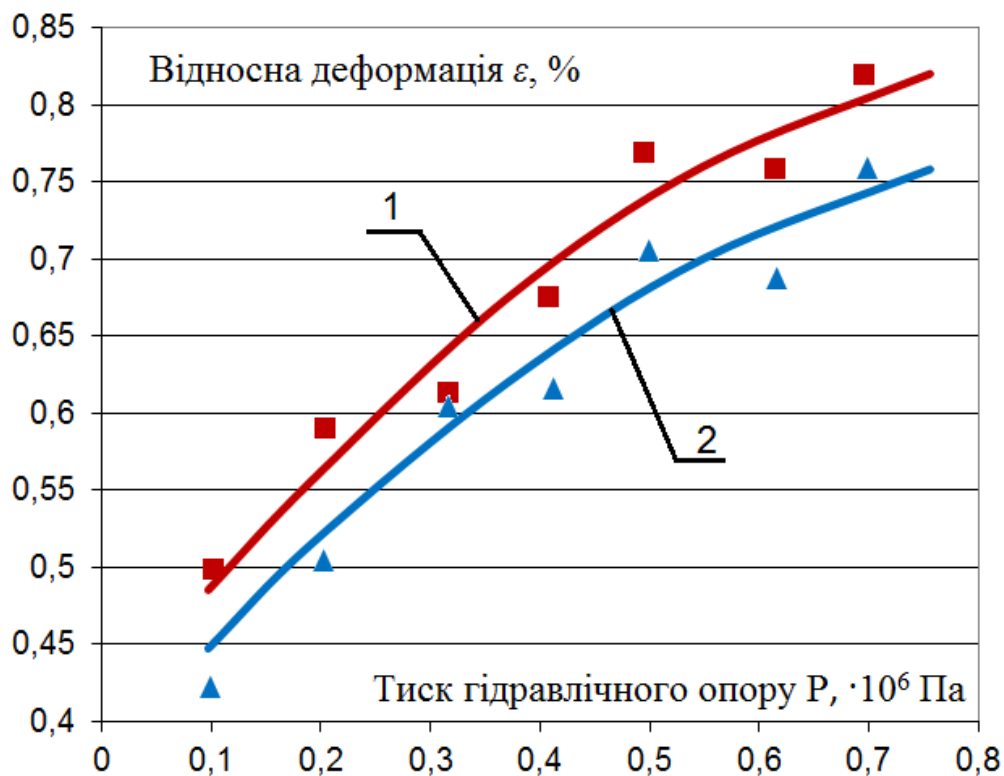


Рис. 3.63. Залежність відносної деформації  $\varepsilon$  від гідралічного опору  $P$  для: 1 – свинини; 2 – яловичини

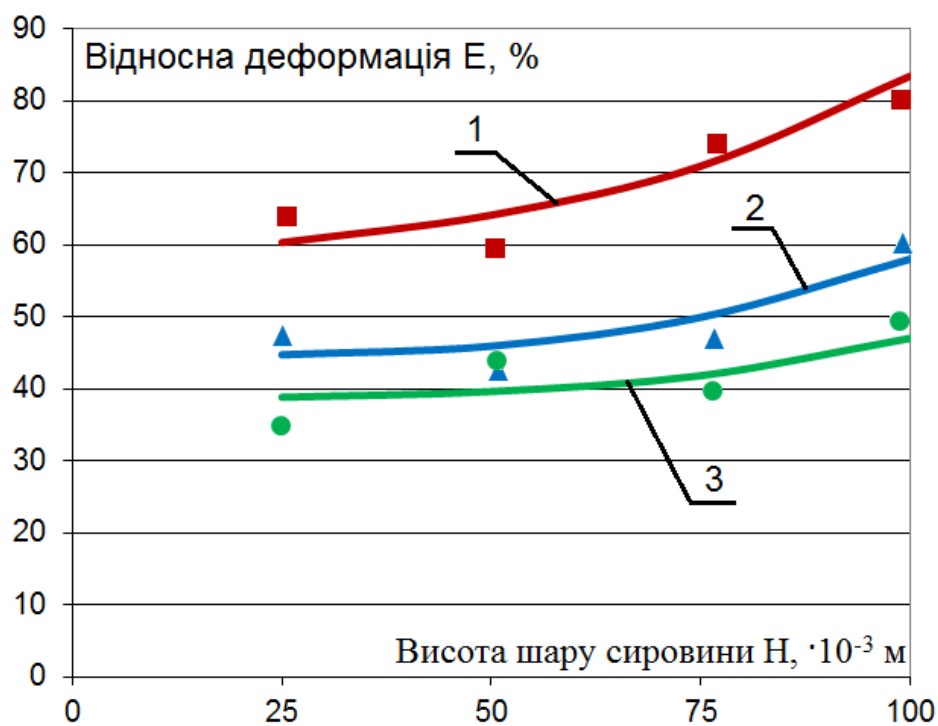


Рис. 3.64. Залежність відносної деформації  $\varepsilon$  (для яловичини) від висоти шару сировини в циліндрі  $H$  при  $S_1 = 30 \cdot 10^{-3}$  м при діаметрах отворів  $d$ ,  $10^{-3}$  м: 1 – 3; 2 – 5, 3 – 8

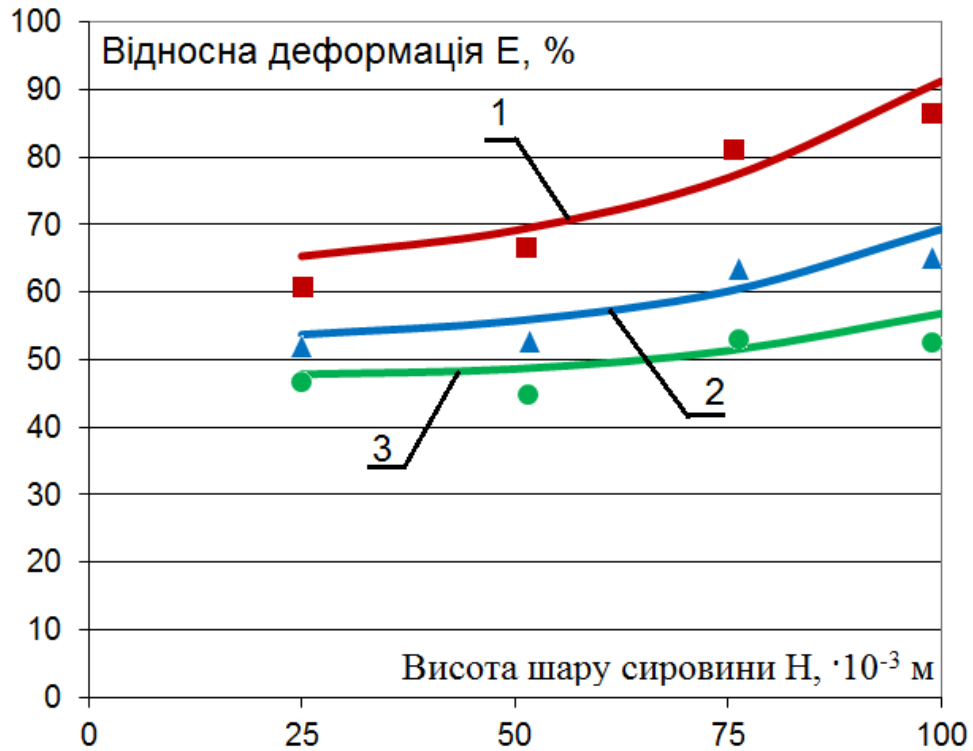


Рис. 3.65. Залежність відносної деформації  $\varepsilon$  (для свинини) від висоти шару сировини в циліндрі  $H$  при  $S_1 = 30 \cdot 10^{-3}$  м при діаметрах отворів  $d$ ,  $10^{-3}$  м:

1 – 3; 2- 5, 3- 8

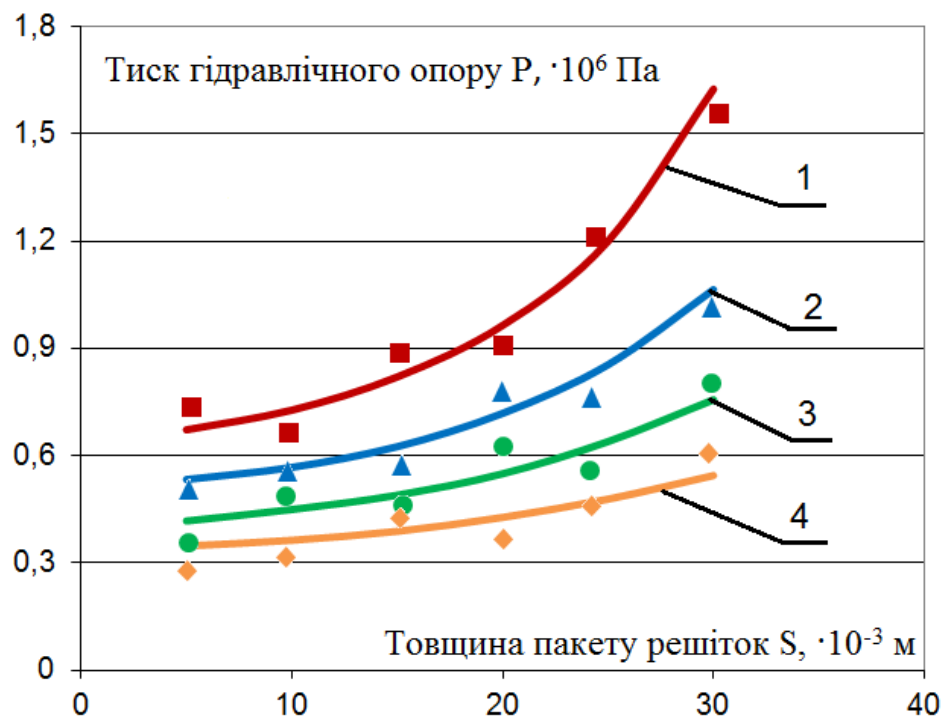


Рис. 3.66. Залежність гідралічного опору  $P$  (для яловичини) від товщини пакету решіток  $S$  при діаметрі отворів  $d = 3 \cdot 10^{-3}$  м та різних швидкостях продавлювання сировини  $v$ , м/с: 1 – 0,07; 2 – 0,05; 3 – 0,03; 4 – 0,01

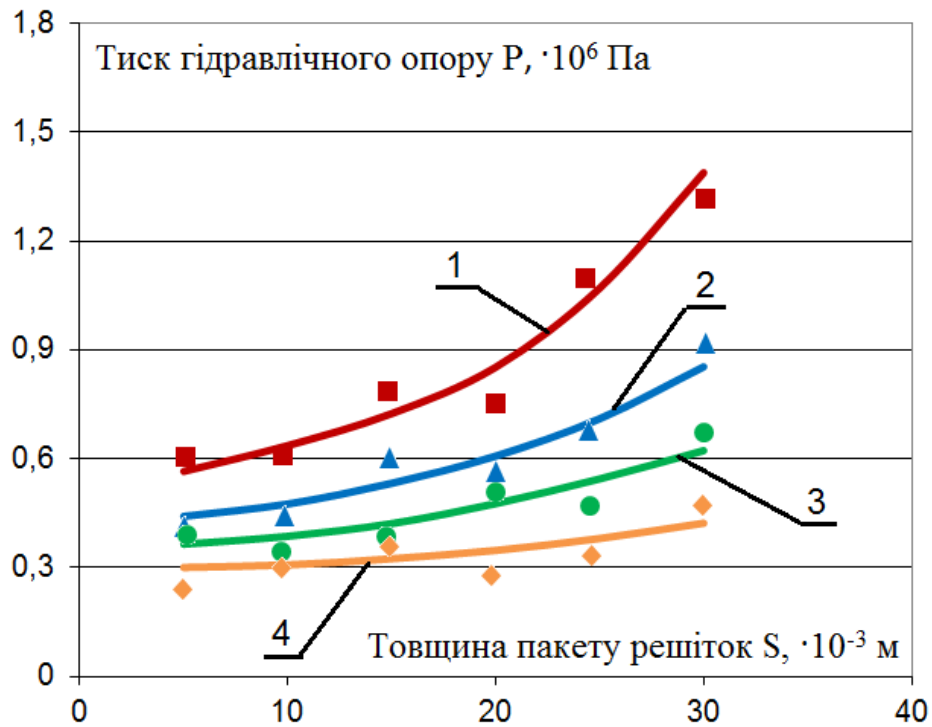


Рис. 3.67. Залежність гідралічного опору  $P$  (для свинини) від товщини пакета решіток  $S$  при діаметрі отворів  $d=3 \cdot 10^{-3}$  м та різних швидкостях продавлювання сировини  $v$ , м/с: 1 – 0,07; 2 – 0,05; 3 – 0,03; 4 – 0,01

Можна дійти висновку, що при виборі типу фаршевого насоса м'ясорізального вовчка необхідно віддавати перевагу тому, в якому буде забезпечено мінімальну відстань від нагнітального елемента до РВ [259].

Означене виконання фаршевого насоса надасть можливість знизити енерговитрати на процес продавлювання та поліпшити якість продукту, не піддаючи сировину надмірному стисканню.

### 3.2.4 Уточнення структурно-механічних властивостей сировини

Відповідно до п. 3.2.1-3.2.3 шнек вовчка кожної миті подає сировину не по всій площі решітки РВ, а лише в межах певної зони, яка відраховується від кінця витка шнека. Внаслідок цього фактична продуктивність м'ясорізального вовчка щонайменше удвічі менша за максимальну теоретично можливу. На нашу думку, в основі такого зменшення продуктивності лежать реологічні властивості м'яса.



Обґрунтувати високопродуктивні способи подачі м'яса до РВ м'ясорізальних вовчків можна лише при належному врахуванні реологічних властивостей м'яса, з огляду на що було досліджено [111] структурно-механічні властивості м'яса, які є визначальними для процесу його подачі у вовчку.

За результатами проведення експериментальних досліджень [111] були виявлені значення модуля осьового стискання, напруження стандартної пенетрації та напруження зрізу основних видів м'ясної сировини, яка переробляється у вовчках, а саме яловичини, свинини та м'яса курки. Вихідні дані для проведення згаданих досліджень приведено в табл. 3.10-3.13. Приклад графічної залежності зміщення індентора від прикладеного навантаження наведено на рис. 3.68. Значення структурно-механічних характеристик трьох видів м'ясної сировини приведені в табл. 3.13.

Таблиця 3.10

**Вихідні дані та результати досліджень по визначенню модуля осьового стискання м'ясної сировини**

Вид сировини	Швидкість, мм/хв	Початкова висота, мм	Кінцева висота, мм	Максимальне зусилля, Н	Напруження осьового стискання, кН/м <sup>2</sup>
Яловичина	10	20	15	173	456
Свинина	10	20	15	54	144
М'ясо курки	10	20	15	41	108

Виявлено [111], що найвищий модуль осьового стискання властивий яловичині (456 кПа), для свинини та м'яса курки він приймає менші значення (144 та 108 кПа відповідно). Найвище напруження стандартної пенетрації спостерігається для яловичини (172 кПа), тоді як для свинини та м'яса курки – 83 та 48 кПа відповідно.

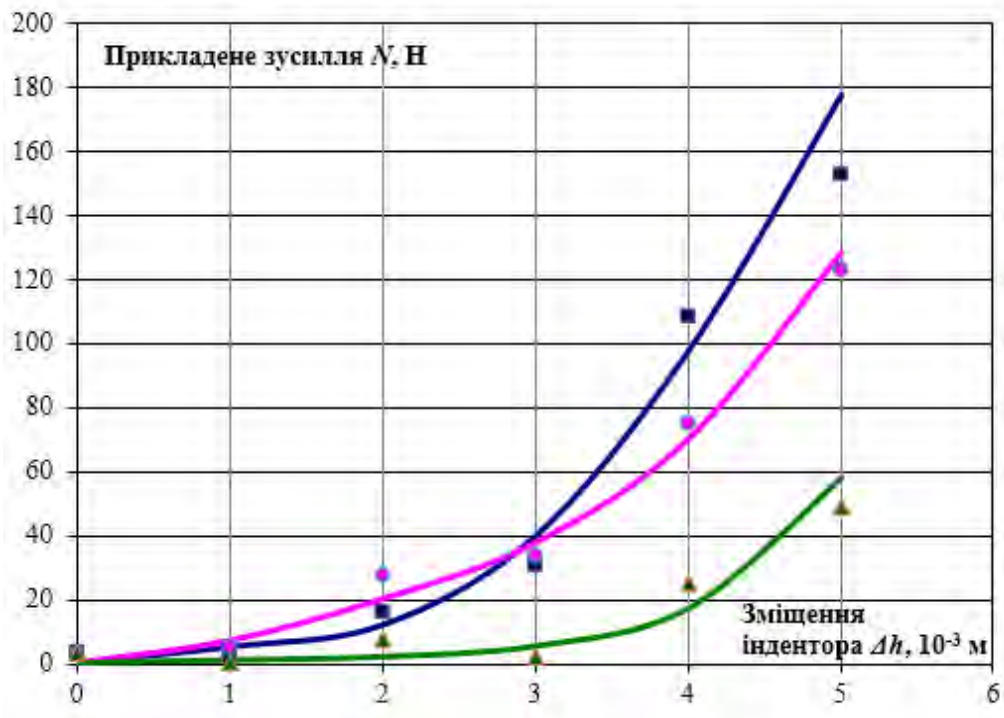


Рис. 3.68. Залежність зміщення індентора  $\Delta h$  від прикладеного навантаження  $N$  при визначенні модуля осьового стискання м'ясної сировини: (■ – яловичина; ● – свинина; ▲ – м'ясо курки)

Таблиця 3.11

**Вихідні дані та результати досліджень при визначенні стандартної пенетрації м'ясної сировини**

Вид сировини	Швидкість руху, мм/хв	Максимальне зусилля, Н	Граничне напруження, кН/м <sup>2</sup>	Площа, мм
Яловичина	20	50	1720	62,5
Свинина	20	24	83	62,5
М'ясо курки	20	14	48	62,5

Подібним чином, найвище напруження зрізу при різанні лезом з кутом загострення  $90^\circ$  спостерігається для яловичини (467 кПа), тоді як для свинини – 277 кПа, а для м'яса курки – 141 кПа [111].

Одержані результати [111] можуть бути застосовані при опису процесу подачі м'яса до РВ вовчків, а також при обґрунтуванні високопродуктивних способів такої подачі. Дані можуть бути використані при визначенні напруження penetрації  $\theta_{пен}$ , напруження зрізу  $\theta_{зр}$  та модуля пружності м'ясної сировини при стисканні  $E$  для визначення коефіцієнта продуктивності вовчка  $K_Q$ .

Таблиця 3.12

**Вихідні дані та результати досліджень при визначенні зусилля зрізу м'ясної сировини**

Вид сировини	Швидкість руху, мм/хв	Ширина, мм	Висота, мм	Середня робота різання, Дж	Середнє зусилля різання, мм	Середнє напруження різання, кН/м <sup>2</sup>
Яловичина	20	30	10	1055	50	467
Свинина	20	50	10	773	107	277
М'ясо курки	20	35	10	326	16	141

Таблиця 3.13

**Структурно-механічні властивості м'ясної сировини**

Показник	Вид м'ясної сировини		
	Яловичина	Свинина	М'ясо курки
Модуль осьового стискання $E$ , Па·10 <sup>3</sup>	456	144	108
Напруження стандартної penetрації $\theta_0$ , Па·10 <sup>3</sup>	172	83	48
Напруження зрізу $\theta_{зр}$ , Па·10 <sup>3</sup>	467	277	141

Можна зробити такі висновки.

Встановлено, що, на відміну від раніше відомих уявлень, шнек вовчка подає сировину не одразу по всій площі решіток РВ, а лише в межах певної зони. Даний

ефект обумовлює суттєве зниження максимально можливої продуктивності вовчків, що обмежує технічні характеристики даних машин та знижує економічну ефективність їх використання.

Величина зони інтенсивної подачі сировини залежить від конструкції параметрів шнеку та елементів РВ, а також від структурно-механічних властивостей м'ясної сировини. Збільшенню зони подачі сировини сприяє зменшення кута підйому витків шнека, підвищення діаметру отворів та зменшення товщини вихідної решітки, зниження пластичних та пружних властивостей сировини.

На продуктивність вовчка істотний вплив здійснюють конструктивні та кінематичні параметри шнеку, ножів і перфорованих решіток. Більший кут підйому витків шнеку визначає збільшення продуктивності вовчка лише у тому випадку, коли в якості вихідної решітки використовується перфорована решітка з великими отворами. При застосуванні вихідних решіток з дрібними отворами для подачі сировини слід використовувати шнек з малим кутом підйому витків. Збільшення діаметру отворів вихідної решітки підвищує сумарну площу для проходження сировини, а збільшення ширини лез ножа її знижує, що відповідним чином впливає на продуктивність м'ясорізального вовчка.

Конструктивні параметри перфорованих решіток РВ істотно впливають на зусилля продавлювання сировини крізь нього. Зниженню даного зусилля сприяє збільшення діаметру отворів і зменшення товщини решіток, а також зниження відстані між решітками, тобто зменшення ширини ножів.

Структурно-механічні властивості сировини суттєвим чином залежать від її виду. Найвищий модуль осьового стискання характерний для яловичини, менші його значення - для свинини та м'яса курки. Максимальне напруження стандартної пенетрації спостерігається для яловичини, а для свинини і м'яса курки – спостерігаються менші значення. Найвище напруження зрізу також спостерігається для яловичини. Для свинини та м'яса курки напруження зрізу приймає менші значення.

### 3.3 Гідродинаміка сировини при її подрібненні в емульситаторі

#### 3.3.1 Вплив швидкості подачі сировини на ефективність її обробки

Дослідження впливу витрати сировини  $Q$  крізь різальний вузол емульситатора на величину її нагріву  $\Delta t$  дозволило отримати наступні результати (рис. 3.69). Вданому випадку сировина – це м'ясний фарш вареної ковбаси "Лікарська", який був подрібнений на кутері до стану емульсії. Температура фаршу в бункері емульситатора  $+7$  °С. Методика досліджень наведена в п. 2.2.4. Отримані експериментальні дані були апроксимовані методом найменших квадратів квадратичною функцією виду:

$$\Delta t = a + b \cdot Q + c \cdot Q^2, \quad (3.78)$$

де  $a$ ,  $b$ ,  $c$  – коефіцієнти регресії (для кривої №1  $a=10,99$ ,  $b=-13,88 \cdot 10^{-5}$ ,  $c=-3,21 \cdot 10^{-7}$ ; для кривої №2  $a=9,83$ ,  $b=-12,65 \cdot 10^{-4}$ ,  $c=-9,16 \cdot 10^{-8}$ ).

Значення структурно-механічних властивостей сировини після обробки в емульситаторі при різних значеннях витрати наведені на рис. 3.70, 3.71.

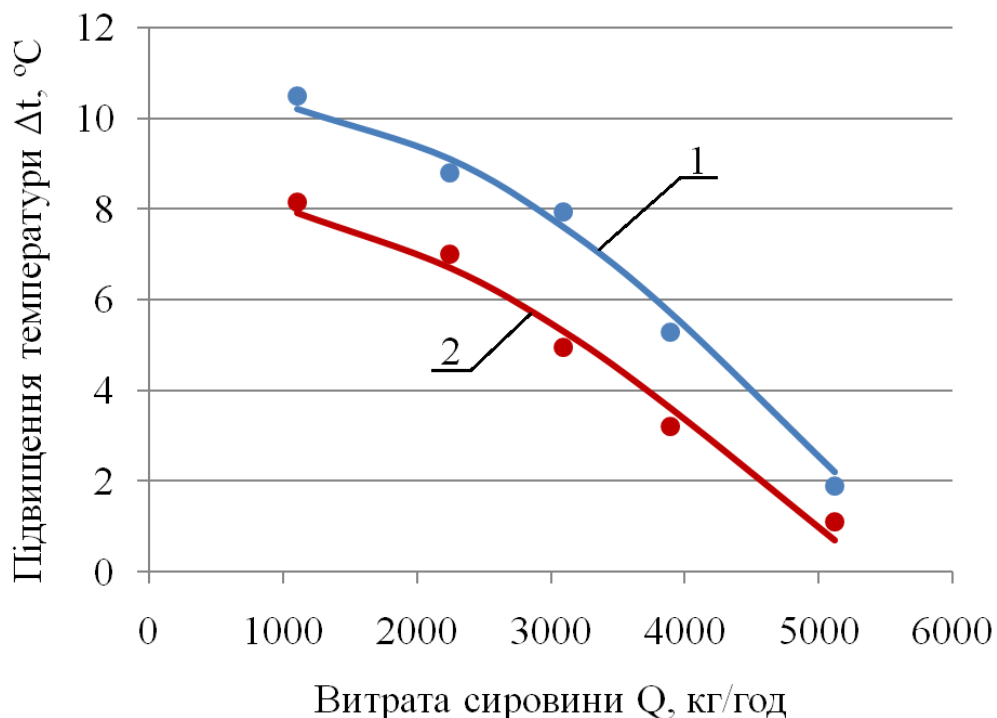


Рис. 3.69. Вплив витрати сировини крізь різальний вузол емульситатора на величину її нагріву при використанні вихідних решіток: 1 - з отворами  $\varnothing 1$  мм та радіальними ребрами жорсткості; 2 - з отворами  $\varnothing 1,2$  мм

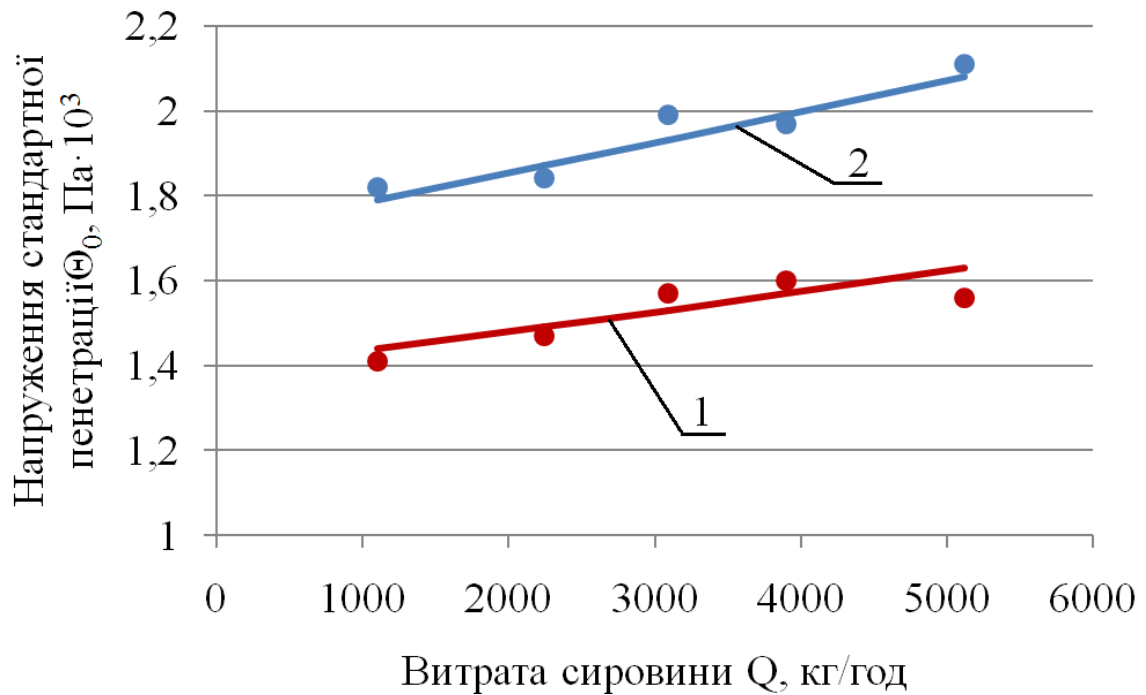


Рис. 3.70. Вплив витрати сировини крізь різальний вузол емульсатора на її напруження стандартної пенетрації при використанні вихідних решіток: 1 - з отворами  $\text{Ø}1$  мм та радіальними ребрами жорсткості; 2 - з отворами  $\text{Ø}1,2$  мм

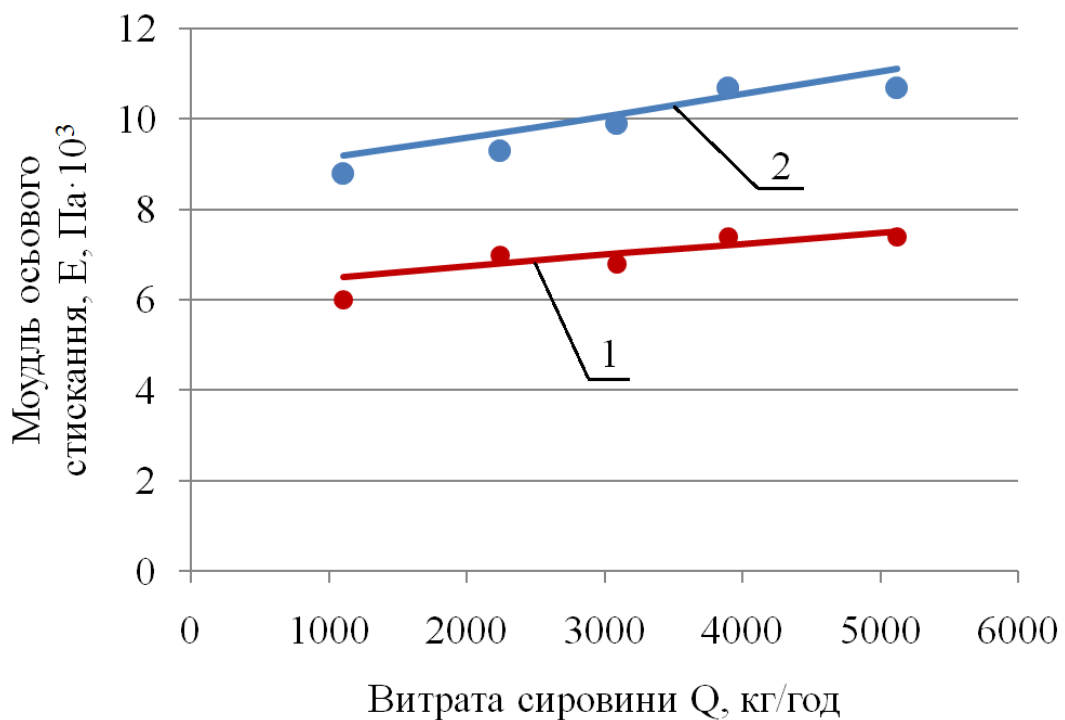


Рис. 3.71. Вплив витрати сировини крізь різальний вузол емульсатора на модуль її осевого стискання при використанні вихідних решіток: 1 - з отворами  $\text{Ø}1$  мм та радіальними ребрами жорсткості; 2 - з отворами  $\text{Ø}1,2$  мм

Отримані графічні залежності напруження стандартної пенетрації та модуля осьового стискання апроксимовані методом найменших квадратів лінійною функцією:

$$y=a+b \cdot x, \quad (3.79)$$

де  $a$ ,  $b$  – коефіцієнти регресії (для кривої №1 на рис. 3.70  $a=1,72$ ,  $b=7,34 \cdot 10^{-5}$ ; для кривої №2 на рис. 3.70  $a=1,39$ ,  $b=4,31 \cdot 10^{-4}$ ; для кривої №1 на рис. 3.71  $a=8,25$ ,  $b=5,26 \cdot 10^{-4}$ ; для кривої №2 на рис. 3.71  $a=5,893$ ,  $b=3,31 \cdot 10^{-4}$ ).

Як слідує з рис. 3.69, витрата сировини крізь різальний вузол суттєвим чином впливає на величину її нагріву. При цьому решітці з отворами  $\varnothing 1$  мм та радіальними ребрами жорсткості відповідає суттєво вищі значення температури ніж решітці з отворами  $\varnothing 1,2$  мм без радіальних ребер жорсткості. При збільшенні витрати сировини з 3000 кг/год до 4200 кг/год величина нагріву зменшується в 1,8 рази для решітки першого типу та в 1,7 рази для решітки другого типу.

Структурно-механічні властивості змінюються наступним чином. Напруження стандартної пенетрації збільшується при збільшенні подачі сировини. Однак максимальне та мінімальне значення напруження стандартної пенетрації відрізняються між собою не більш ніж на 16% для решітки з отворами  $\varnothing 1$  мм та на 13,5% для решітки з отворами  $\varnothing 1,2$  мм. Більші значення  $\Theta_0$  властиві сировині, яка була подрібнена крізь решітку з отворами  $\varnothing 1,2$  мм, а менші - крізь решітку з отворами  $\varnothing 1$  мм. Це пояснюється більш високим ступенем подрібнення та більшим нагрівом сировини при використанні решітки з отворами  $\varnothing 1$  мм.

Зміна значень модуля осьового стискання аналогічна зміні значень напруження стандартної пенетрації. Граничні значення  $E$  відрізняються між собою не більш ніж як на 21,5% для решітки з отворами  $\varnothing 1$  мм та на 23% для решітки з отворами  $\varnothing 1,2$  мм.

Органолептичні показники готових ковбас, виготовлених із сировини, подрібненої на емульсаторі за різних режимів, наведені в таблиці 3.14. Як видно з таблиці, готові ковбаси, що виготовлені із сировини, отриманої при  $Q=1102$

кг/год та  $Q=2240$  кг/год, мають дещо знижену жорсткість та пружність, підвищену рихлість, рисунок на зрізі мазкий.

При цьому ковбаси, що виготовлені із сировини, отриманої при  $Q=5120$  кг/год мають недостатньо розвинений колір, малюнок на зрізі свідчить про певну грубуватість структури фаршу, ніжність та соковитість дещо знижені.

Таблиця 3.14

### Значення органолептичних показників готових ковбас

Середні значення органолептичних показників	Режими подрібнення сировини, Q, кг/год				
	1102	2240	3090	3895	5120
Колір	5	5	5	5	4
Вид і малюнок на розрізі	4	4	5	5	4
Структура і розподіл інгредієнтів	5	5	5	5	5
Запах (аромат)	5	5	5	5	5
Смак	5	5	5	5	5
Соковитість	5	5	5	5	4
Щільність	5	5	5	5	5
Рихлість	3	4	5	5	5
Ніжність	5	5	5	5	4
Жорсткість	3	4	5	5	5
Крихкість	5	5	5	5	5
Пружність	3	4	5	5	5
Однорідність маси	4	5	5	5	5

Отримані результати дозволяють зробити висновок про те, що збільшення швидкості подачі сировини не призводить до значних змін структурно-



механічних властивостей сировини і практично не впливає на комплекс органолептичних показників готової продукції. Таким чином існує резерв збільшення швидкості подачі сировини до різального вузла на 30-40% (з 3000 кг/год до 4200 кг/год).

Таке збільшення швидкості подачі сировини дозволить одночасно збільшити продуктивність машини та зменшити шкідливий нагрів самої сировини.

Актуальним є дослідження способів гравітаційної подачі сировини до різального вузла емульсатора з метою знаходження раціональних шляхів збільшення швидкості її подачі.

### **3.3.2 Вплив конструктивного виконання бункера на швидкість подачі сировини**

Для дослідження гідродинаміки сировини в бункерах, було проведене математичне моделювання [105] за допомогою чисельних методів (п. 2.2.3). Використовувався програмний комплекс FlowVision, який призначений для розрахунку гідро- і газодинамічних задач в широкому діапазоні чисел Рейнольдса в довільних тривимірних областях. В даному випадку базовими були рівняння Нав'є-Стокса і рівняння нерозривності потоку. Чисельне інтегрування рівнянь по просторовим координатам проводилося з використанням прямокутної сітки. Були використані наступні параметри: густина сировини  $1050 \text{ кг/м}^3$ , в'язкість  $30 \text{ Па}\cdot\text{с}$  (відповідає м'ясному фаршу після кутерування). При визначенні граничної умови стінки була задана шорсткість поверхні, яка характерна для матеріалу, з якого виготовляються бункери. Використано кілька способів візуалізації отриманих результатів: заливка кольором, ізолінії та вектори. Візуалізація результатів чисельного моделювання наведена на рис. 3.72-3.77.

Найбільшу пропускну здатність показав бункер типу 2 (відповідно до рис. 2.6), що обумовлено, як слід розуміти, яскраво вираженою несиметричністю його геометрії. Найменшу пропускну здатність показав бункер типу 5 відповідно до

рис. 2.6), що пояснюється наявністю патрубку, який направляє потік сировини під кутом  $90^\circ$  по відношенню до початкового напрямку руху. При цьому патрубок має досить велику довжину, чим додатково підвищується його гідравлічний опір.

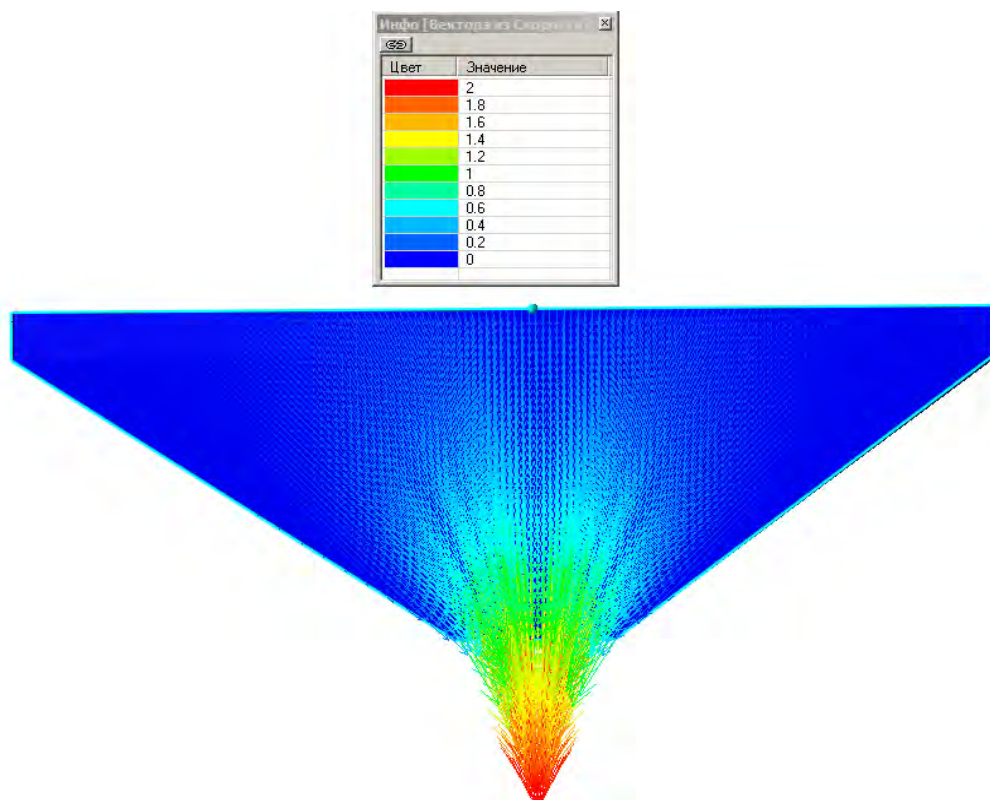
Як слідує з отриманих [105] даних (рис. 3.75-3.77), в бункері типу 5 наявні кілька характерних зон. Максимальний тиск сировини спостерігається в нижній частині бункеру, а саме - в місці закруглення живлячого патрубку (4,23 кПа).

Ближче до вихідного отвору патрубку тиск знижується до 1,96 кПа і прямує до нуля на кінці патрубку. В бункері вище патрубку тиск знаходиться в межах 2-3 кПа і поступово знижується до нуля по мірі наближення до верхнього зрізу бункеру [105].

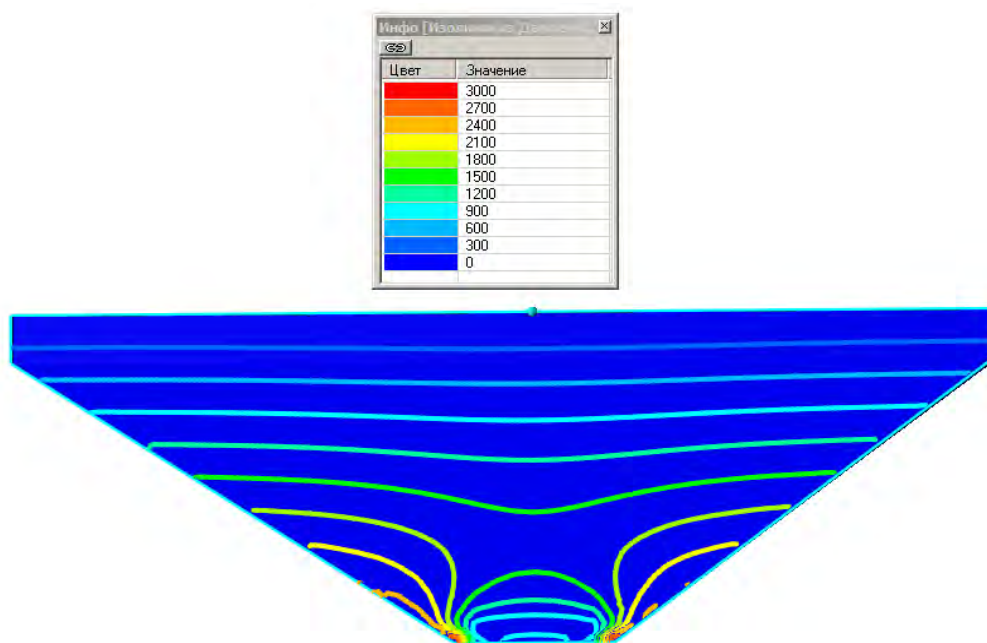
Швидкість сировини приймає різні значення як в горизонтальній, так і у вертикальній площині. Найбільші значення швидкості спостерігаються біля вихідного отвору патрубку і складають  $(0,8-1) \cdot 10^{-2}$  м/с. Окремо слід вказати, що такі значення швидкості наявні лише в зоні біля повздожньої вісі симетрії патрубку, ближче до його стінок швидкість суттєво знижується до  $(0-0,5) \cdot 10^{-2}$  м/с [105].

Значний інтерес являє собою розподілення значень вертикальної швидкості сировини в горизонтальному перетині бункеру. Чітко виражена зона з локальним підвищенням швидкості до  $(0,3-0,4) \cdot 10^{-2}$  м/с, яка розташована навколо серединного вертикального перетину бункеру в місці його сполучення з патрубком ближче до вихідного отвору патрубку [105].

Навколо цієї зони сировина рухається зі швидкістю порядку  $0,25 \cdot 10^{-2}$  м/с і менше. Чим ближче до закруглення патрубку і стінок бункеру, тим менша швидкість сировини [105].



а)



б)

Рис. 3.72. Результаты численного моделирования процесса виткания сировини з бункеру типу 1: а) - швидкість потоку, м/с; б) - тиск всередині сировини, Па

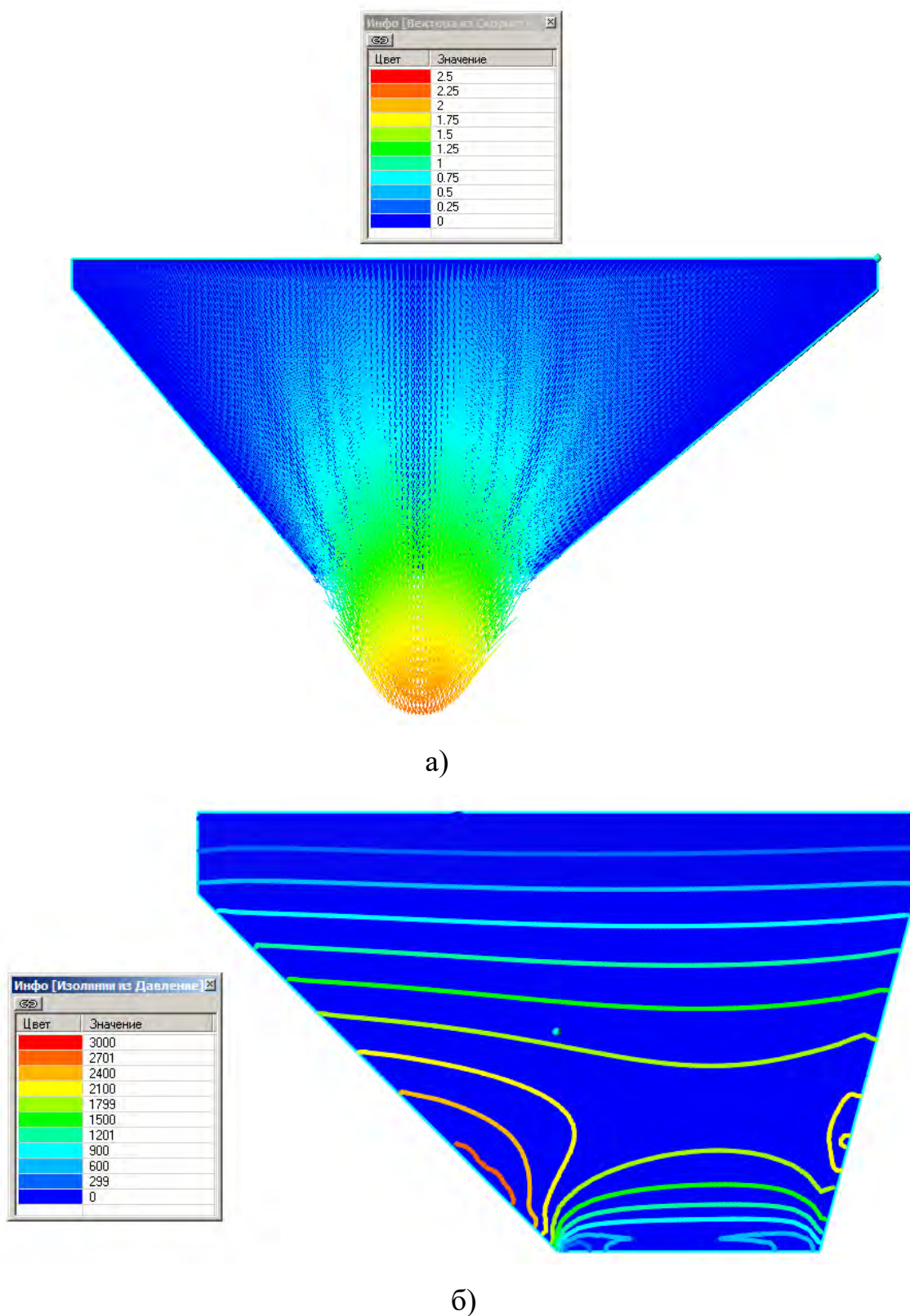


Рис. 3.73. Результаты чисельного моделирования процессу витікання сировини з бункера типу 2: а) - швидкість потоку, м/с; б) - тиск всередині сировини, Па

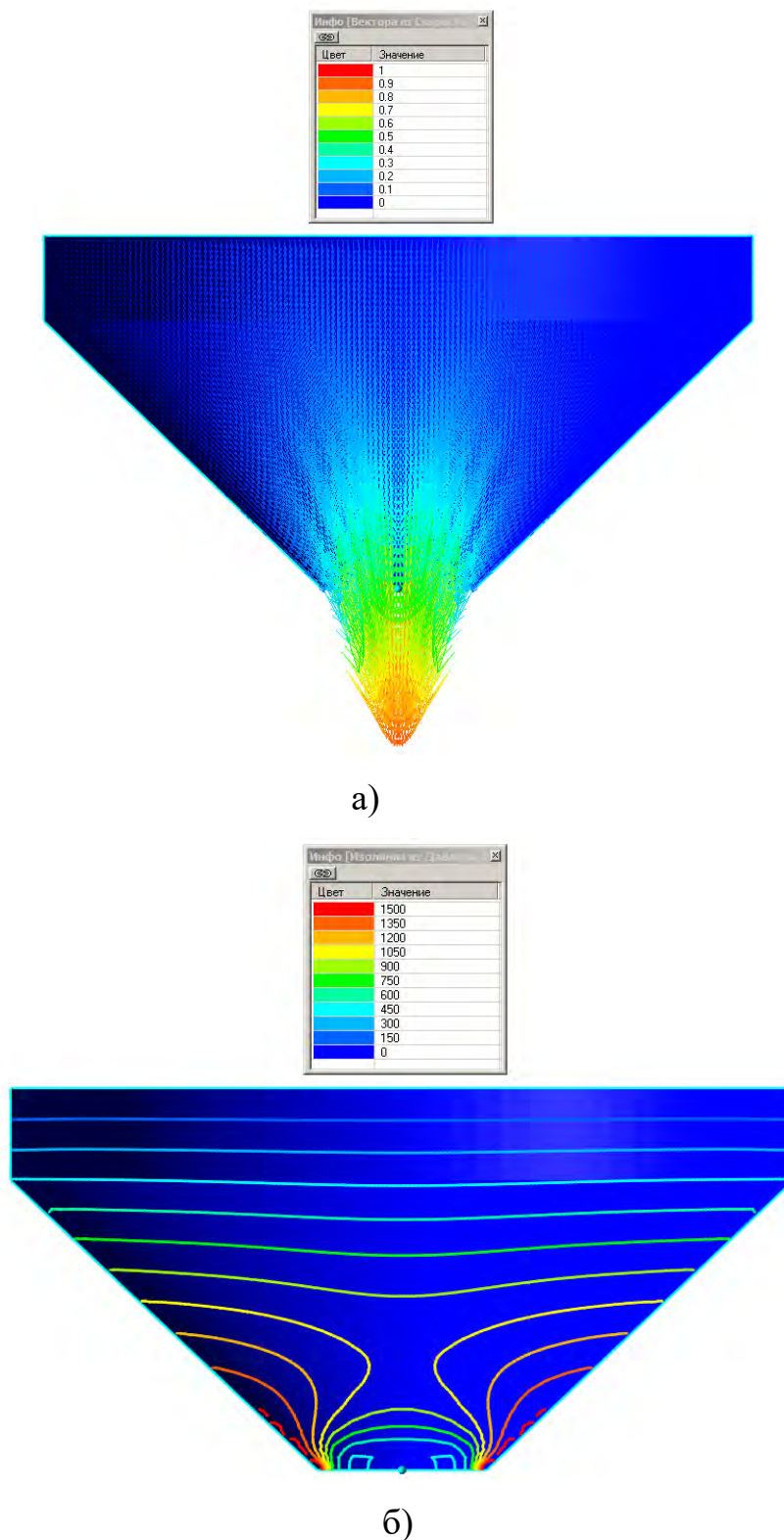
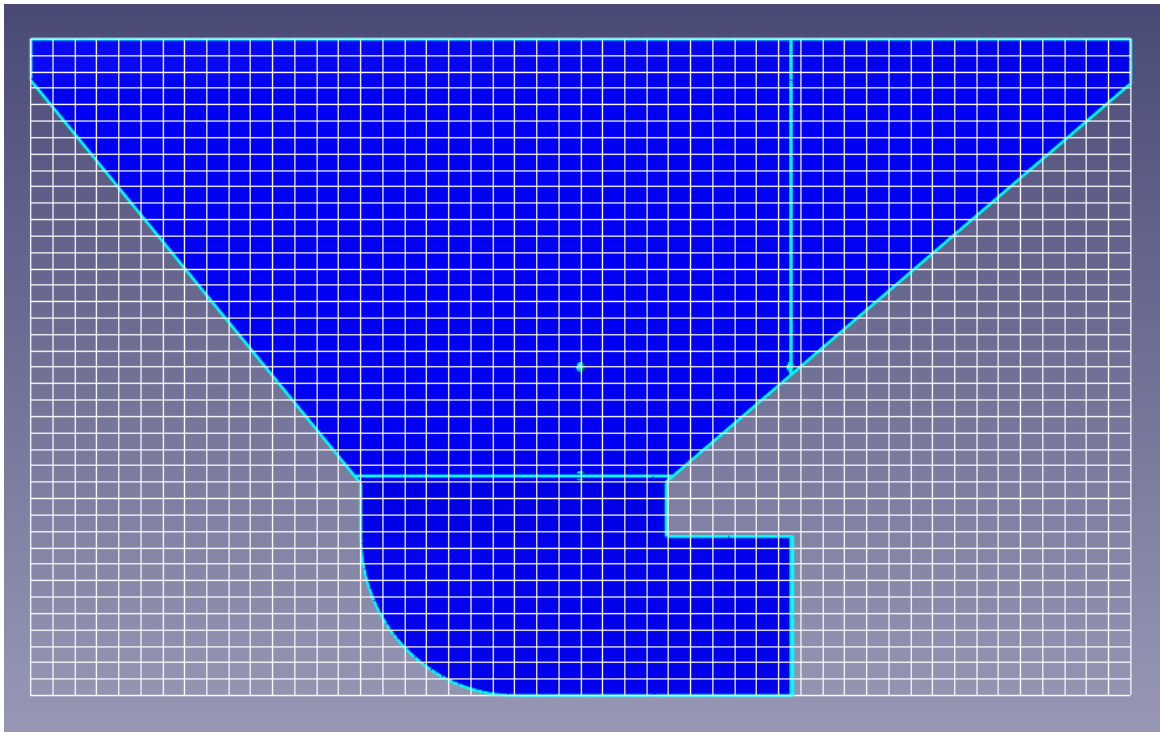
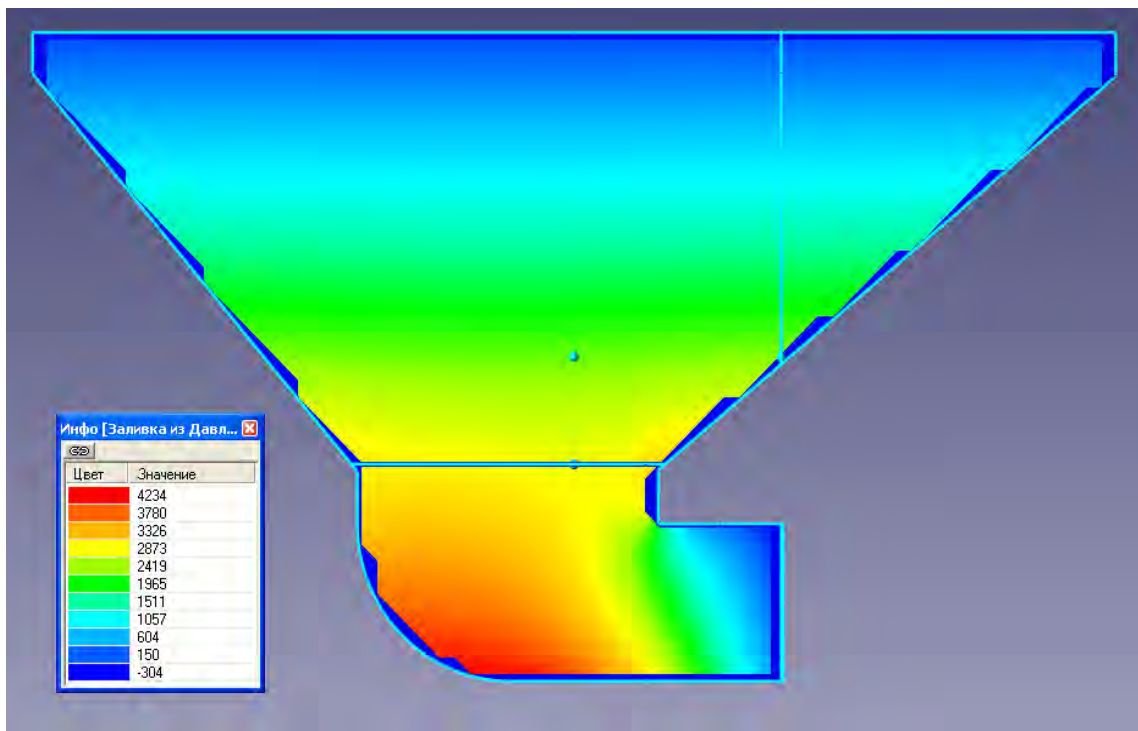


Рис. 3.74. Результати чисельного моделювання процесу витікання сировини з бункера типу 3: а) - швидкість потоку, м/с; б) - тиск всередині сировини, Па

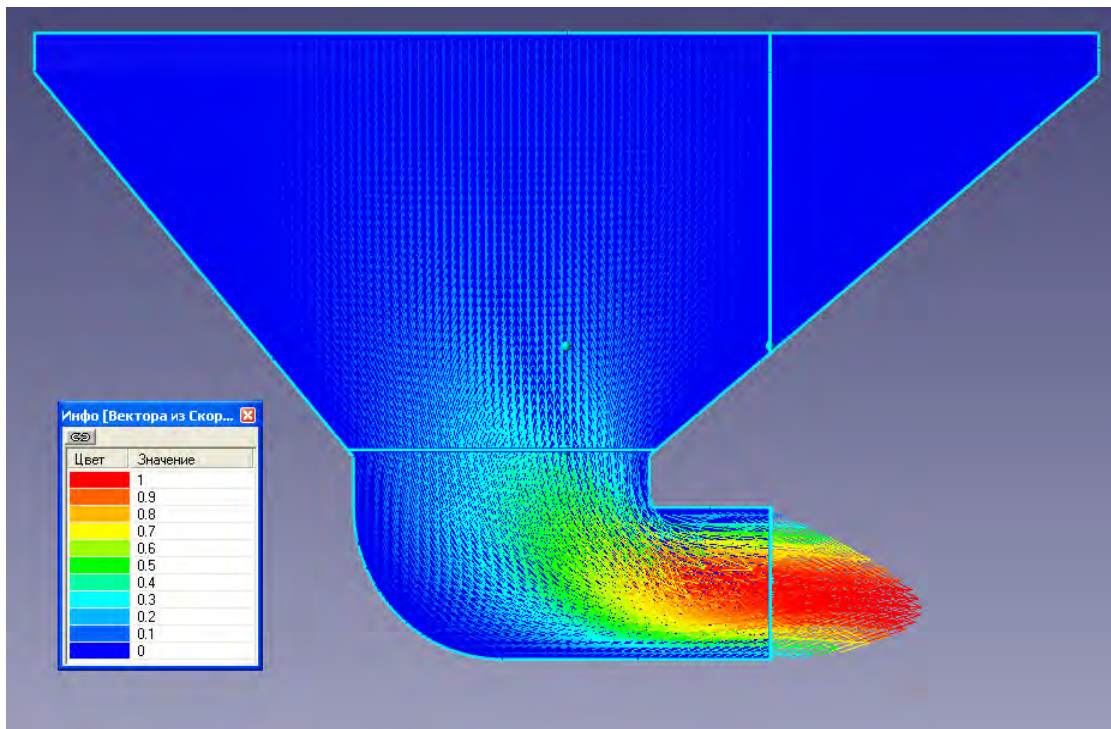


а)

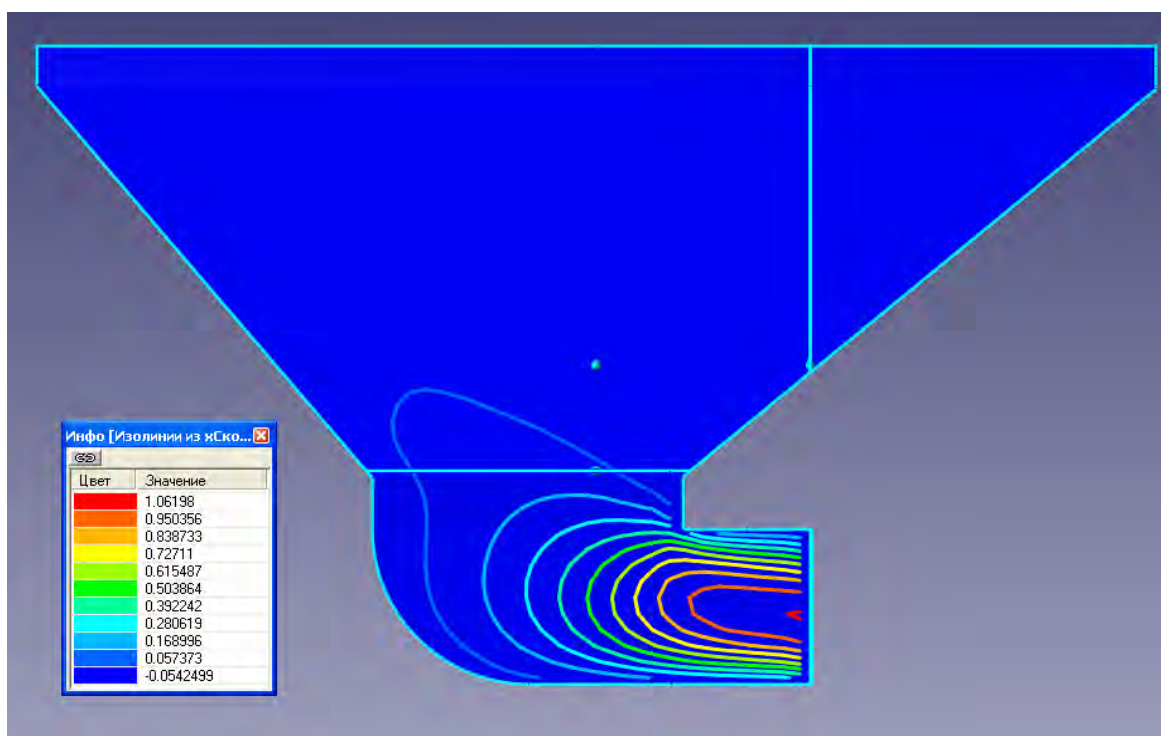


б)

Рис. 3.75. Розрахункова сітка робочої зони досліджуваної моделі та результати чисельного моделювання процесу витікання сировини з бункеру типу 5: а) - розрахункова сітка; б) - тиск всередині сировини, Па (вертикальний серединний поперечний переріз бункеру)

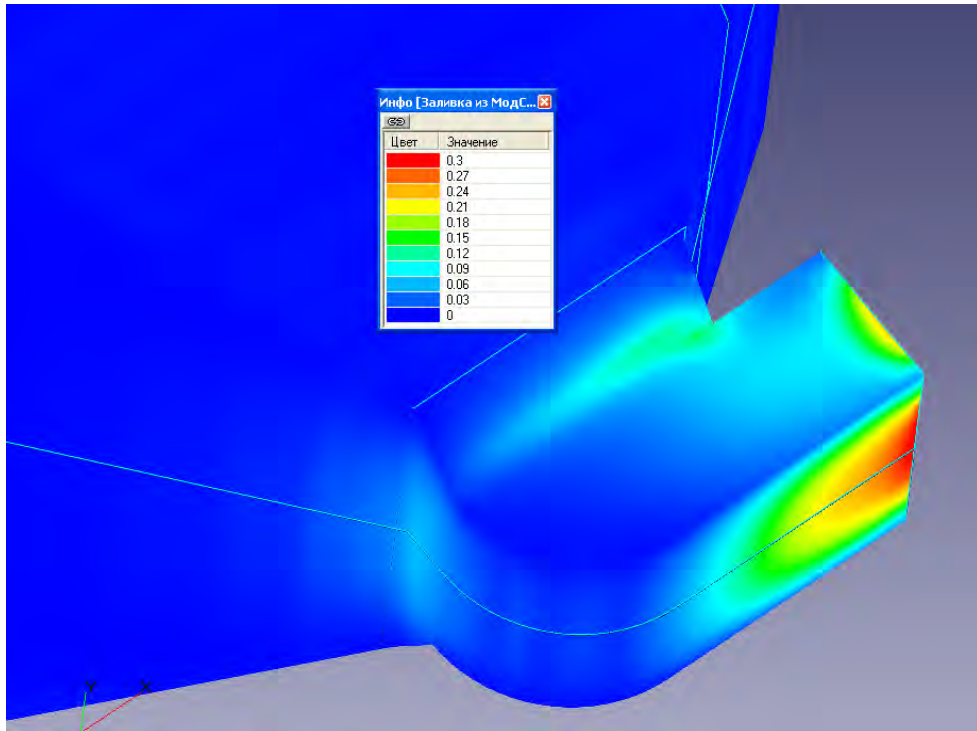


а)

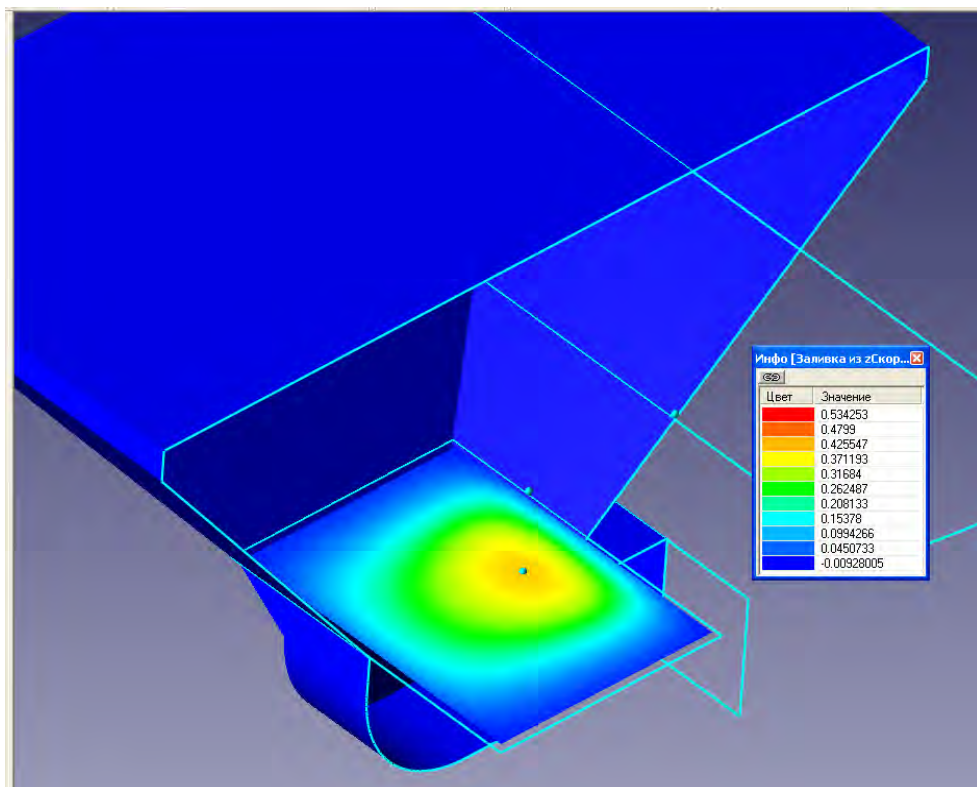


б)

Рис. 3.76. Результати чисельного моделювання процесу витікання сировини з бункеру типу 5 (горизонтальна швидкість сировини, вертикальний серединний поперечний переріз бункеру): а) - у вигляді векторів,  $\cdot 10^{-2}$  м/с; б) – у вигляді ізоліній,  $\cdot 10^{-2}$  м/с



а)



б)

Рис. 3.77. Результаты чисельного моделирования процессу витікання сировини з бункеру типу 5: а) - швидкість сировини вздовж стінок живильного патрубку,  $\cdot 10^{-2}$  м/с; б) – вертикальна швидкість сировини, горизонтальний поперечний переріз бункеру в зоні з'єднання з живильним патрубком,  $\cdot 10^{-2}$  м/с



Узагальнюючи отримані дані, можна скласти наступну схему розташування характерних зон руху м'ясної сировини в бункері типу 5 емульсатора (рис. 3.78) [105]. Рухаючись від верхнього зрізу бункеру до живлячого патрубку сировина поступово збільшує свою вертикальну швидкість за рахунок зменшення поперечного перерізу бункеру по напрямку руху. В той же час швидкість сировини не набуває високих значень через гальмування внаслідок тертя об стінки бункеру (зона 4) та внаслідок зустрічі різнонаправлених потоків (в даному випадку А та Б) в місці сполучення з живлячим патрубком (зона 5).

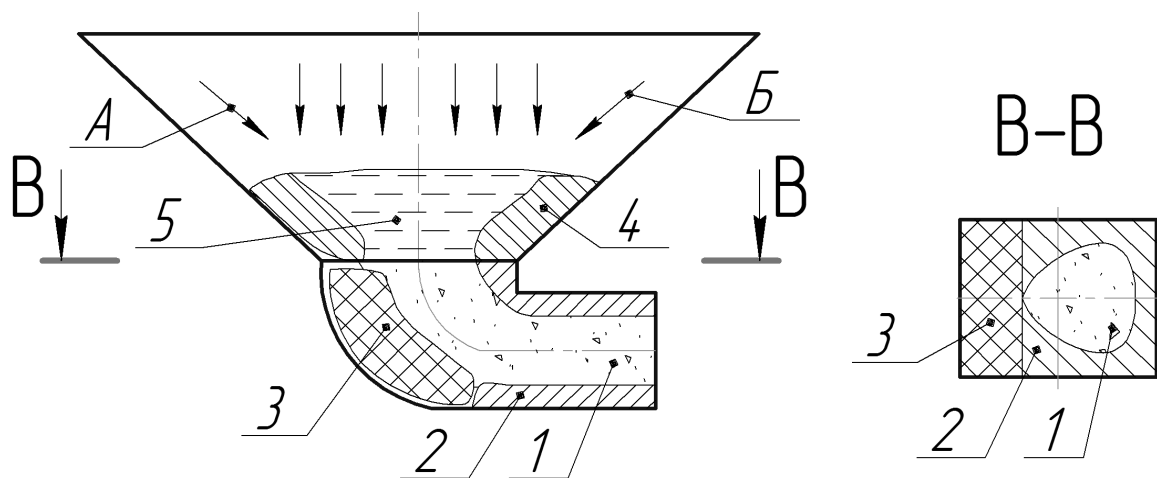


Рис. 3.78. Характерні зони руху м'ясної сировини в бункері типу 5: 1 - рух сировини з найбільшою швидкістю; 2 - гальмування сировини внаслідок тертя об стінки живлячого патрубку; 3 - застійна зона в місці закруглення живлячого патрубку; 4 - гальмування сировини внаслідок тертя об стінки бункеру; 5 - зниження швидкості сировини внаслідок зустрічі різнонаправлених потоків

Необхідність зміни напрямку руху сировини на  $90^\circ$  (з вертикального на горизонтальний) разом із наявністю значної адгезії сировини до стінок бункеру і патрубку призводить до появи застійної зони 3 в місці закруглення патрубку, в якій сировина рухається з вкрай малою швидкістю або не рухається зовсім. В самому ж патрубку наявні зони 2 гальмування сировини внаслідок тертя об його стінки, ці зони розташовані по периметру поперечного перерізу патрубку на всій його довжині. Як результат, максимальна швидкість сировини спостерігається

лише в зоні 1, яка розташована навколо повздовжньої вісі симетрії живлячого патрубку і яка має достатньо обмежений габарит в поперечному перерізі.

Все це обумовлює низькі витратні характеристики бункеру типу 5 та, відповідно, знижену питому продуктивність емульсатора з таким бункером. Цим же самим обумовлюється підвищений нагрів сировини при подрібненні.

На рис. 3.79, 3.810 наведено результати експериментального [232] визначення швидкості витікання сировини з бункерів різних типів у вигляді графічних залежностей (методику див. п. 2.2.2). Відповідне рівняння регресії має вигляд:

$$Q = a + b \cdot \tau + c \cdot \tau^2, \quad (3.80)$$

де  $Q$  – масова витрата сировини, кг/с;  $\tau$  – поточне значення часу вивантаження сировини, с;  $a, b, c$  – коефіцієнти (див. табл. 3.15).

Для кожного бункеру визначено [232] середню масову витрату сировини за виразом:

$$Q_{\text{сеп}} = \frac{\sum m}{\sum \tau}, \text{ кг/с} \quad (3.81)$$

де  $\sum m$  – сумарне значення маси сировини (кг), яка вивантажилась з бункеру за час  $\sum \tau$  (с).

Товщина шару фаршу, який надходить з бункеру в різальний вузол за час обертання ножа на один кутовий крок поміж двома сусідніми лезами:

$$l_{\phi} = \frac{Q_{\text{сеп}}}{\rho \cdot S \cdot n_{\text{н}} \cdot z_{\text{л}}}, \text{ м} \quad (3.82)$$

де  $Q_{\text{сеп}}$  – середня масова витрата сировини для визначеного бункеру, кг/с;

$\rho$  – густина сировини, кг/м<sup>3</sup> (згідно [140] прийнято  $\rho = 1050$  кг/м<sup>3</sup>);

$S$  – площа вихідного отвору бункеру, м<sup>2</sup> (для розглядуваних бункерів  $S = 4320 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>);  $n_{\text{н}}$  – частота обертання ножа, с<sup>-1</sup> ( $n_{\text{н}} = 50$  с<sup>-1</sup>);

$z_{\text{л}}$  – кількість лез ножа.

Значення розрахованих [232] параметрів наведено в табл. 3.15.

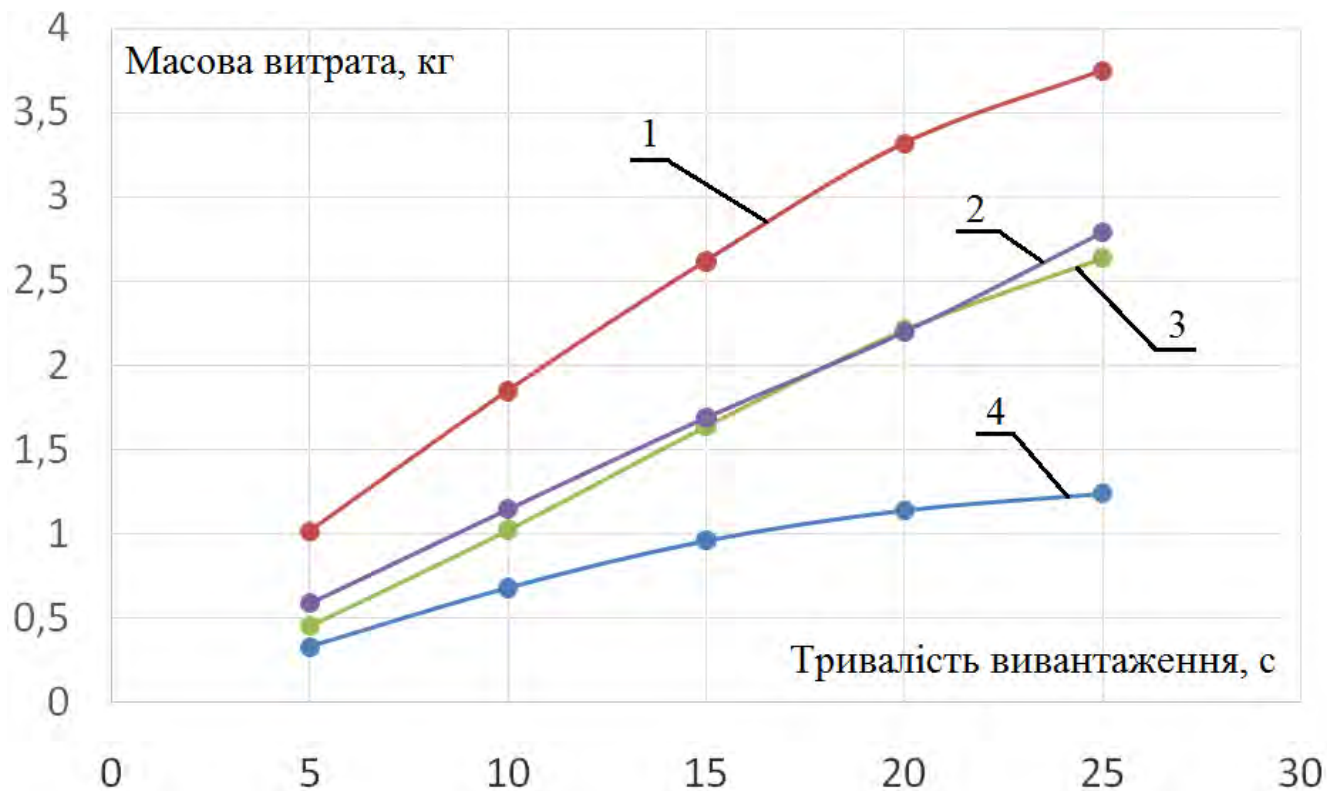


Рис. 3.79. Залежність витрати маси сировини від часу при її витіканні з бункерів: 1) - типу 2; 2) – типу 3; 3) - типу 4; 4) - типу 1

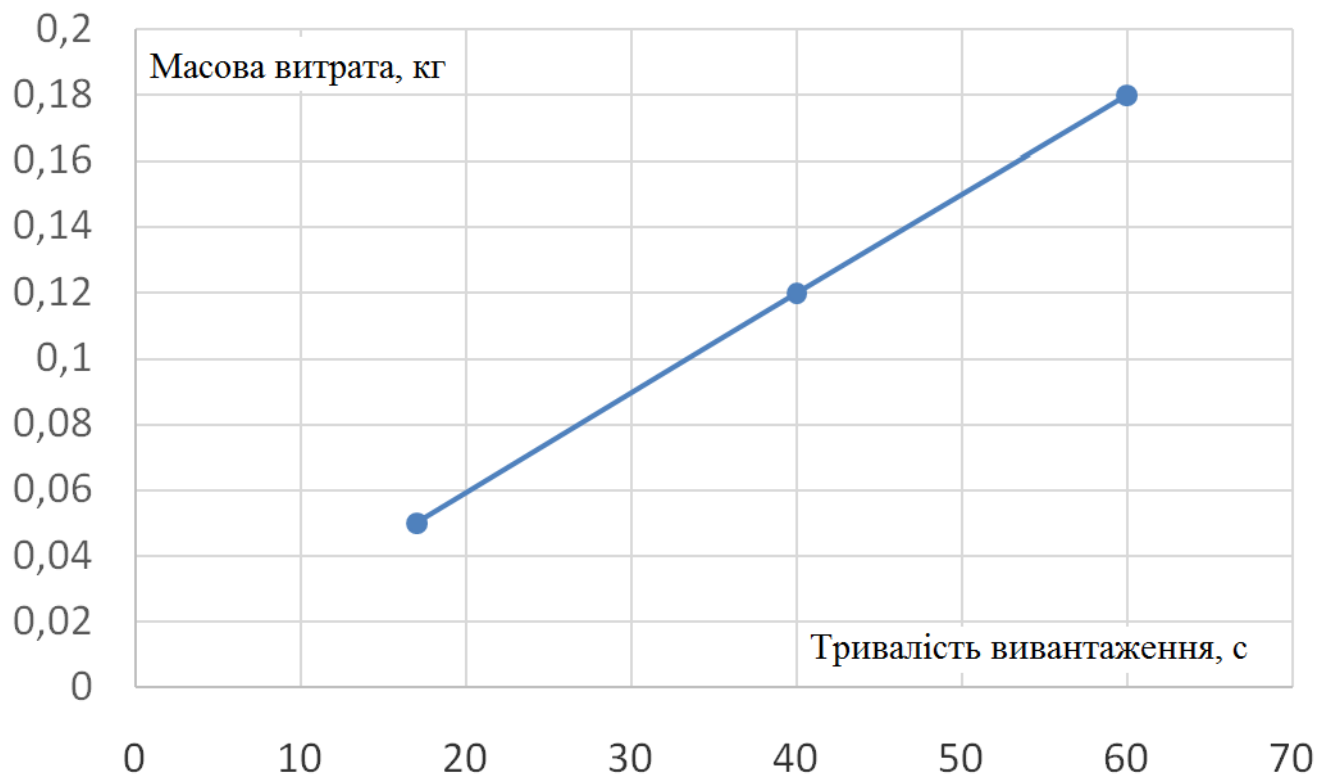


Рис. 3.80. Залежність витрати маси сировини від часу при її витіканні з бункеру типу 5

Таблиця 3.15

**Параметри, що характеризують роботу емульсаторів з бункерами різних типів**

Тип бункеру	Коефіцієнти рівняння регресії	$Q_{\text{сер}},$ кг/с	Товщина шару фаршу $l_{\phi}, \cdot 10^{-3}$ м				
			$z_{\text{л}}=1$	$z_{\text{л}}=2$	$z_{\text{л}}=3$	$z_{\text{л}}=4$	$z_{\text{л}}=5$
1	a=-0,126; b=0,0987; c=-0,00176	0,0496	0,219	0,109	0,073	0,055	0,044
2	a=0,0215; b=0,208; c=-0,00203	0,15	0,661	0,33	0,22	0,165	0,132
3	a=0,01154; b=0,0031 c=-0,00019	0,1116	0,492	0,246	0,164	0,123	0,098
4	a=-0,2229; b=0,136; c=-0,000793	0,1055	0,465	0,232	0,155	0,116	0,093
5	a=-0,00242; b=0,0031; c=-1 · 10 <sup>-6</sup>	0,003	0,013	0,006	0,004	0,003	0,002

При аналізі даних, наведених в таблиці 3.15, звертає на себе увагу значення параметру  $l_{\phi}$ . Навіть для бункеру типу 2 при використанні найбільш типового ножа з трьома лезами цей показник склав лише 0,22 мм, а для інших бункерів або для ножа із п'ятьма лезами (які пропонуються виробниками емульсаторів) значення  $l_{\phi}$  є суттєво меншим [232].

Якщо врахувати данні досліджень (п. 3.1), де висвітлено особливості процесу надходження сировини в різальну зону кутерів, умови роботи ножової головки яких споріднені до умов роботи різального комплексу емульсаторів, то

можна зробити висновок [232], що актуальним є обґрунтування кількості лез ножа емульсатора з точки зору мінімізації нагріву сировини при подрібненні.

В п. 3.1.1, зокрема, зазначається, що після проходження першого ножа частина сировини захоплюється за ним за рахунок сил адгезії. Внаслідок цього зменшується кількість сировини, яка повинна була бути поданою чашею кутера під другий ніж.

Ймовірно припустити [232], що подібне явище має місце і в різальному вузлі емульсатора стосовно лез його ножів. В такому разі, може мати місце випадок, коли не всі леза ножа будуть завантажені сировиною і виконувати процес подрібнення. В той же час усі леза входять у щільний контакт із решіткою і викликають її нагрів внаслідок тертя. Врешті все означене обумовить підвищений нагрів сировини. саме тому актуальним є наукове обґрунтування будови ножів емульсаторів, а саме кількості лез в них.

З урахуванням наведених вище результатів експериментальних досліджень було удосконалено математичну модель, яка зв'язує пов'язує фізичні та реологічні параметри робочого середовища з геометричними параметрами залученого для реалізації процесу технологічного пристрою [125]. Об'єктом математичного моделювання було обрано потужність емульсатора з робочими органами типу "ротатор-статор".

Розрахункову схему емульсатора наведено на рис. 3.81, 3.82.

Було складено формулу потужності  $N$ , необхідної для здійснення процесу тонкого подрібнення м'ясної сировини:

$$N = N_n + N_{oui} + N_{nu} + N_{op} + N_n + N_z + N_c + N_e + N_m, \text{ Вт} \quad (3.83)$$

де  $N_0$  – потужність, що витрачається на доправлення сировини до робочої порожнини емульсатора;  $N_{oui}$  – потужність, яка витрачається на обтікання подавального шнеку;  $N_{nu}$  – потужність, витрата якої пов'язана з подаванням сировини шнеком;  $N_{op}$  – потужність, яка витрачається на обтікання ротора;  $N_n$  – потужність, необхідна для подрібнення сировини;  $N_z$  – потужність, яка витрачається в зазорі між ротором і статором;  $N_c$  – потужність, необхідна для просування подрібненої маси крізь щілини статора;  $N_e$  – потужність, витрата якої

пов'язана з виведенням подрібненої маси з робочої порожнини емульсатора;  $N_m$  – потужність, витрачувана на подолання механічних опорів у вузлах емульсатора.

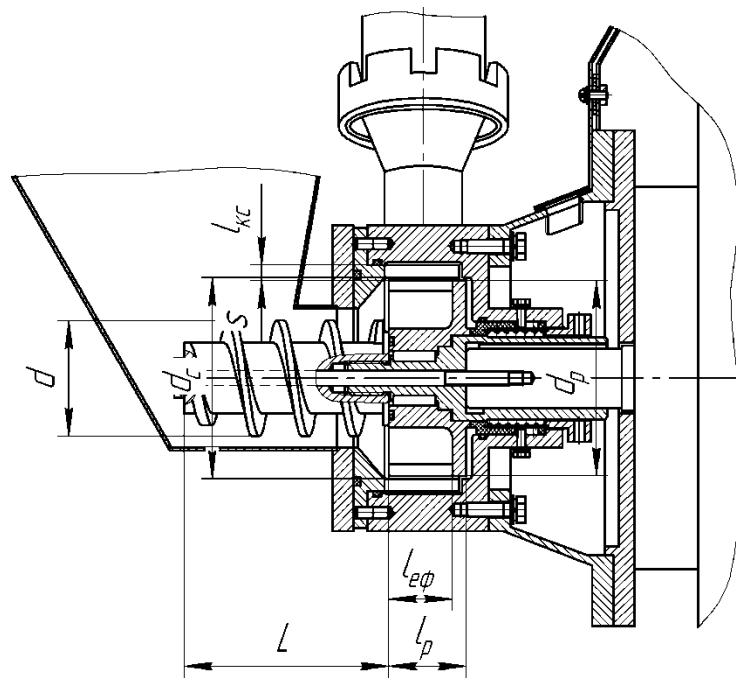


Рис. 3.81. Основні елементи робочої порожнини емульсатора

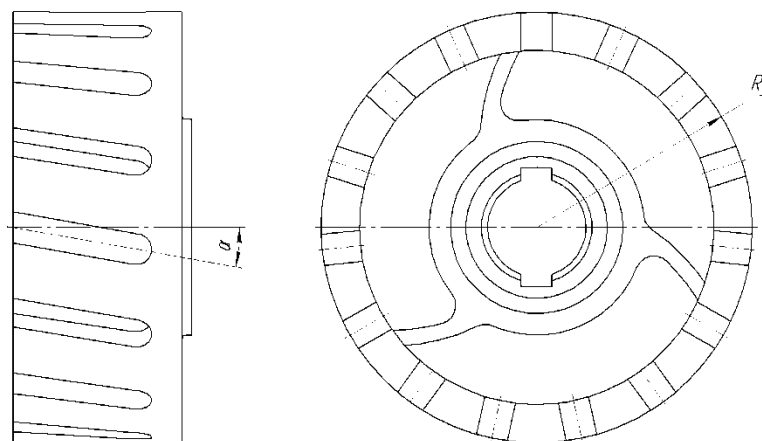


Рис. 3.82. Схема багатозубчастого ротора емульсатора

Оскільки досліди з практичними зразками емульсаторів показали, що потужність, яка витрачається на виведення подрібненої маси з робочої порожнини емульсатора прямує до нуля, доданок  $N_e$  було знехтувано.

У рамках запропонованої розрахункової схеми, доданок  $N_m$  характеризує потужність, що витрачається подолання механічних опорів у вузлах

емульсатора. Діапазон значень  $N_m$  становить від межах 10 – 15 % від загальної потужності – для великих промислових емульсаторів до 70 % у маломасштабних дослідних установках. Із зазначених міркувань до результуючої формули було, замість доданку  $N_m$ , введено коефіцієнт механічних втрат  $k_m$  у діапазоні від 1,1 до 1,7. Оскільки гідростатичний напір сировини в бункері сприяє її просуванню всередину робочої порожнини емульсатора, то першим доданком  $N_0$  було вирішено знехтувати.

Наведені вище результати досліджень дають змогу врахувати у зазначеній формулі вплив геометричних параметрів живильного бункера на потужність емульсатора шляхом введення коефіцієнту стабільності подачі  $k_{cn}$ .

Для бункера типу 3, для зазначеного типу бункера коефіцієнт стабільності подачі  $k_{cn}$  дорівнює 1, відповідно для бункера типу 2 асиметричної будови  $k_{cn}$  дорівнює 1,37 – виходячи з визначеного значення середньої масової витрати сировини, натомість для бункерів типу 4 та типу 1 зазначений коефіцієнт дорівнює 0,91 та 0,43 відповідно. Зрозуміло, що у випадку з бункером типу 5, а також у будь-якому іншому випадку припинення подачі сировини на обробку, коефіцієнт  $k_{cn}$  прямує до 0, оскільки корисне використання потужності припиняється.

Завдяки докладному аналізуванню фізичного змісту всіх складників, визнаних за значущі, було запропоновано формулу потужності роторного емульсатора [125]:

$$N = k_m \cdot k_{cn} \cdot \rho \cdot n^3 \cdot \left[ C \cdot Re^A \cdot P^B \cdot \Gamma_{ш} \cdot d_{ш}^5 + F \cdot Re^D \cdot P^E \cdot \Gamma_p \cdot d_p^5 + J \cdot \left( \frac{4 \cdot \rho \cdot V_{np} \cdot z \cdot l_{кс} \cdot s}{\mu_a \cdot p_3} \right)^G \cdot P^H \cdot \Gamma_c \cdot d_c^5 \right] + k_m \cdot \left[ k_c \cdot k_0 \cdot M \cdot L + \frac{K_n \cdot \sigma_p \cdot l_{ef} \cdot s^2 \cdot \omega \cdot z}{2 \cdot \pi \cdot \cos \alpha} + \frac{2 \cdot (Re+2) \cdot \pi \cdot l_p \cdot \mu \cdot \omega^2 \cdot R_3^4 \cdot R_c^{Re+2}}{R_c^{Re+2} - R_3^{Re+2}} \right], Bm \quad (3.84)$$

де  $k_m$  – коефіцієнт механічних втрат;  $k_{cn}$  – коефіцієнт стабільності подачі;  $\rho$  – густина робочого середовища, кг/м<sup>3</sup>;  $n$  – швидкість обертання привідного валу емульсатора, об./с;  $Re$  – критерій Рейнольдса;  $A, B, C, D, E, F, G, H, J$  – емпіричні коефіцієнти;  $\Gamma_{ш}$  – симплекс геометричної подібності для шнека;  $d_{ш}$  –

діаметр шнека, м;  $\Gamma_p$  – симплекс геометричної подібності для ротора;  $d_p$  – діаметр ротора, м;  $V_{np}$  – лінійна швидкість на поверхні ротора, м/с;  $\mu_a$  – уявна в'язкість, Па·с;  $z$  – кількість каналів;  $l_{kc}$  – довжина каналу статора, м;  $p_z$  – змочений периметр каналу статора, м;  $\Gamma_c$  – симплекс геометричної подібності для статора;  $d_c$  – діаметр статора, м;  $k_c$  – системний коефіцієнт,  $k_c = 102^{-1}$ ;  $k_0$  – коефіцієнт опору,  $k_0 = 4-8$ ;  $M$  – продуктивність шнека, кг/с;  $L$  – довжина шнека, м;  $K_n$  – коефіцієнт, що враховує технічний стан ножів та величину зазору між рухомими та нерухомими ножами;  $\sigma_p$  – напруження руйнації, Па;  $l_{ef}$  – висота різальної корони ротора, м;  $s$  – товщина шару подрібнюваного матеріалу, м;  $\omega$  – кутова швидкість,  $c^{-1}$ ;  $z$  – кількість каналів;  $\alpha$  – кут нахилу зубців ротора відносно осі його обертання, град;  $l_p$  – висота ротора, м;  $\mu$  – динамічна в'язкість, Па·с;  $R_z$  – зовнішній радіус ротора, м;  $R_c$  – внутрішній радіус статора, м.

Комплекс реологічних властивостей сировини  $P$  визначається за наступною формулою:

$$P = \frac{\Theta \cdot l}{\eta_{nl} \cdot v} \quad (3.85)$$

де  $\Theta$  – напруження зсуву, Па;  $l$  – визначальний геометричний розмір, м;  $\eta_{nl}$  – пластична в'язкість робочого середовища, Па·с;  $v$  – швидкість руху робочого середовища, м/с.

Можна зробити наступні висновки. Встановлено, що конструктивна форма бункеру емульсатора та його геометричні параметри суттєвим чином впливають на витратні характеристики. Найвищу середню масову витрату сировини ( $Q_{сер}=0,15$  кг/с) показав бункер типу 2, який має яскраво виражену несиметричну будову (з однією вертикальною стінкою). Менше значення спостерігалось для бункера типу 3 ( $Q_{сер}=0,11$  кг/с) та для бункера типу 4 ( $Q_{сер}=0,10$  кг/с). Бункер типу 1 показав ще меншу швидкість витікання сировини ( $Q_{сер}=0,049$  кг/с).

Окремо слід відзначити вплив наявності горизонтального патрубка в нижній частині бункеру (бункер типу 5,  $Q_{сер}=0,003$  кг/с). Він значно (на порядок)



уповільнює швидкість витікання фаршу, належне витікання сировини стає можливим лише при примусовій подачі до вихідного отвору бункеру.

В бункері емульсатора з горизонтальним живлячим патрубком наявні характерні зони руху сировини, які призводять до її гальмування та, відповідно, до зменшення питомої продуктивності машини та до підвищеного нагріву сировини при її подрібненні в різальному вузлі. Такі зони обумовлені наступним: гальмуванням сировини внаслідок тертя об стінки бункеру та об стінки живлячого патрубка, гальмуванням в місці закруглення живлячого патрубка; зниженням швидкості сировини внаслідок зустрічі різнонаправлених потоків в бункері пірамідальної форми. Найбільша швидкість руху сировини  $((0,8-1) \cdot 10^{-2} \text{ м/с})$  спостерігається в локальній зоні, яка розташована навколо повздожньої вісі симетрії живлячого патрубка. Найбільший тиск сировини (4,23 кПа) спостерігається в нижній частині бункеру, в місці зкруглення патрубка.

На основі результатів проведених досліджень пропонуються наступні рекомендації для розробки нової конфігурації бункера емульсатора з підвищеною швидкістю подачі сировини до різального вузла:

- уникати зміни напрямку руху сировини на  $90^\circ$ , рух сировини в бункері повинен бути співнаправлений з рухом у напрямку до різального вузла;
- уникати створення зустрічних потоків сировини в бункері з метою попередження їх взаємного гальмування;
- уникати застосування живлячих патрубків;
- зменшити тертя сировини об стінки бункеру за рахунок вибору раціональних кутів нахилу його стінок;
- зменшити адгезію сировини об стінки бункеру та живлячого патрубка за рахунок обґрунтованого вибору конструкційних матеріалів.

Завдяки долученню результатів досліджень витратних характеристик живильних бункерів вдосконалено формулу для визначання потужності, необхідної для реалізації процесу тонкого подрібнення м'ясної сировини на емульсаторі з робочими органами типу "ротатор-статор".

### 3.3.3 Гідродинаміка сировини в різальному вузлі емульсатора

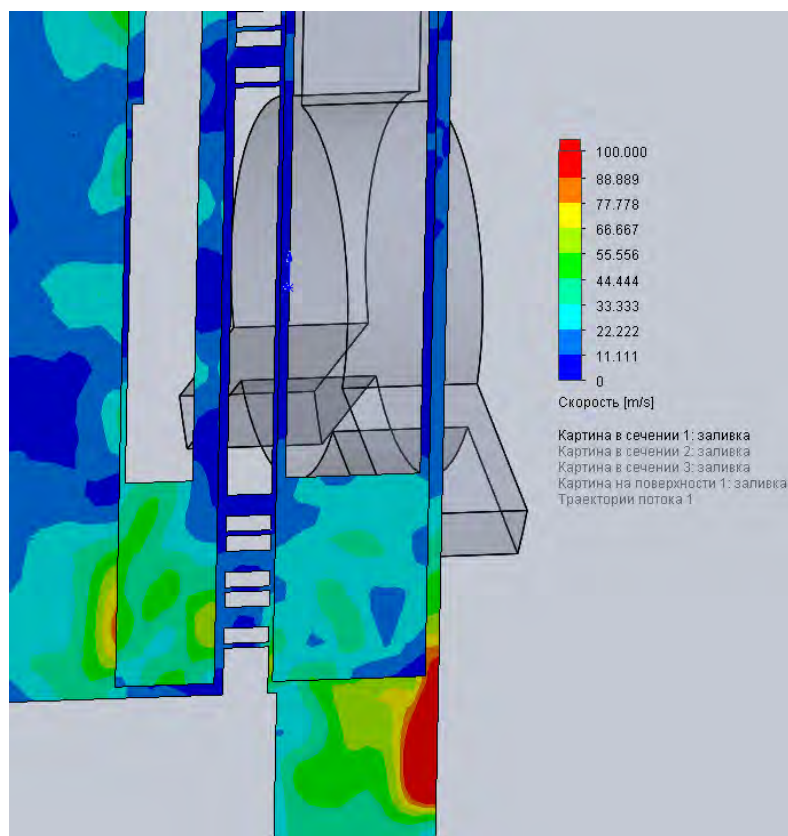
Висока швидкість обертання ножів емульсатора ( $50 \text{ c}^{-1}$ ) дає підґрунтя для припущення про неоднакову ефективність роботи лез даних ножів на зразок неоднакової ефективності роботи ножів кутера. Крім того, недостатньо висока швидкість витікання сировини з бункера дає можливість припустити про надлишковий нагрів сировини саме через невідповідність швидкості подачі сировини до різального вузла та частоти обертання ножів. Доцільно вивчити питання про раціональність прийнятої частоти обертання вивантажувальної крильчатки емульсатора з точки зору нагріву сировини на етапі вивантаження.

Для відповіді на дані питання було проведене чисельне моделювання процесу руху сировини крізь різальний вузол емульсатора (методика наведена в п. 2.2.3), а також виконано високошвидкісну зйомку процесу витікання сировини з вивантажувального патрубку емульсатора. Візуалізацію результатів моделювання наведено на рис. 3.83.

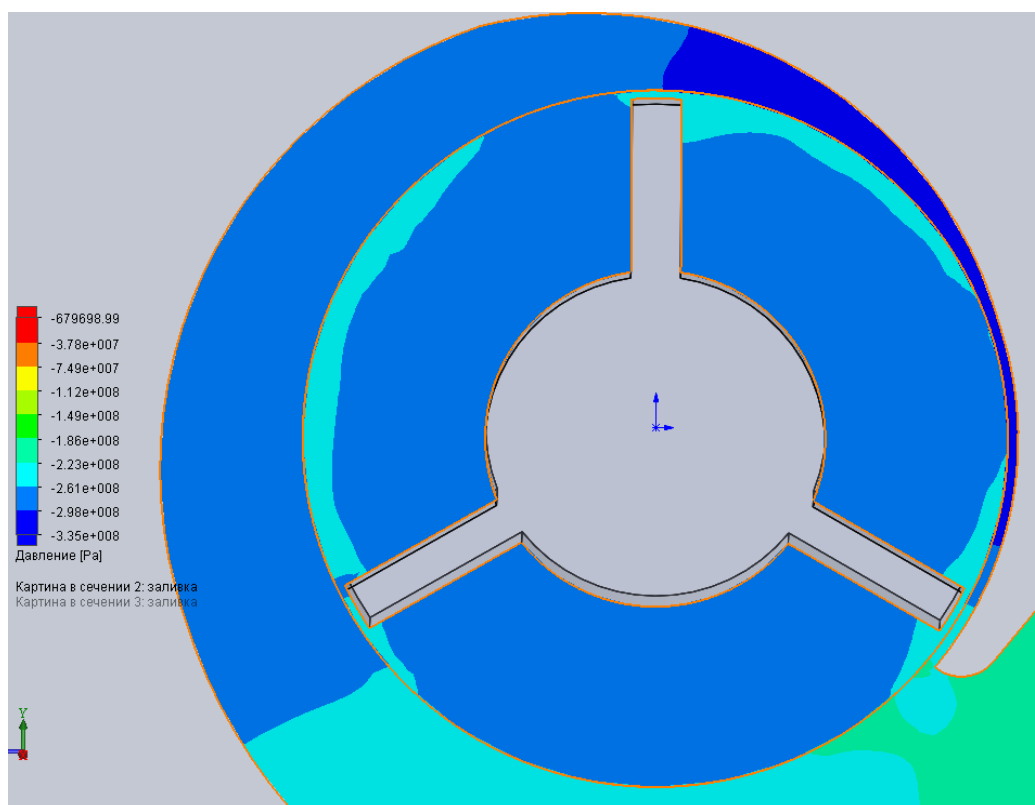
Як слідує з них, найвищі лінійні швидкості руху сировини спостерігаються на найбільшому радіусі обертання лез ножів та лопатей крильчатки. Найвищі тиски сировини також спостерігаються по периметру кожуху навколо обертових ножів та крильчатки. Загалом, лінійні швидкості руху сировини в коловому напрямку набагато перевищують швидкості руху сировини вздовж вісі патрубку.

Означене дозволяє зробити висновок, що прийнята частота обертання вивантажувальної крильчатки ( $50 \text{ c}^{-1}$ ) є надлишковою, оскільки, враховуючи низьку швидкість витікання сировини з бункера, відмічається надлишкове непродуктивне тертя сировини об стінки кожуху, що неминуче призводить до додаткового нагріву сировини.

З метою усунення даного недоліку емульсатор доцільно оснастити вивантажувальним пристроєм з індивідуальним приводом, а також, можливо, перейти від використання вивантажувального пристрою на зразок колеса відцентрового насосу на інший тип, наприклад, на зразок робочих органів кулачкового або шестеренного насосів.



а)



б)

Рис. 3.83. Результати моделювання руху сировини в площині обертання вивантажувальної крильчатки емульситатора: а) – швидкість, м/с; б) – тиск Па

Аналіз результатів (рис. 3.84) високошвидкісної зйомки процесу витікання сировини з вивантажувального патрубку вказує на наявність характерної систематичної пульсації об'ємної витрати сировини.

Пульсація відбувається з частотою  $16 \pm 1 \text{ с}^{-1}$ . Отримані дані підтверджують припущення про неоднакову завантаженість лез ножів сировиною та про недостатню швидкість її витікання з бункеру.

Доцільно розробити заходи з підвищення швидкості руху сировини з бункера емульсатора для одночасного вирішення двох проблемних питань - підвищення питомої продуктивності машини та зменшення нагріву сировини при подрібненні.

### **3.3.4 Уточнення структурно-механічних властивостей напівфабрикатів , що обробляються у емульсаторах**

За результатами досліджень (п. 3.3.2, 3.3.3) встановлено, що швидкість надходження сировини з бункерів-живильників емульсаторів є недостатньо високою з огляду на частоту обертання ножів різального вузла. Внаслідок цього фактична продуктивність машин є меншою за теоретично можливу, а нагрів сировини є підвищеним в зв'язку з тим, що на одиницю маси сировини припадає більша емісія тепла від тертя робочих органів.

Обґрунтувати високопродуктивні способи подачі фаршу до різального вузла емульсатора можна лише при належному врахуванні структурно-механічних та адгезійних властивостей м'ясної сировини [233].

Отримані експериментальним шляхом [233] значення модуля осьового стискання та напруження стандартної пенетрації наведені в таблиці 3.16.

Встановлено, що найбільший модуль осьового стискання властивий фаршу для ковбаси лікарської (20,20 кПа), для фаршу сардельок свинячих він приймає менше значення (14,04кПа). Найбільше напруження стандартної пенетрації спостерігається також для фаршу ковбаси лікарської (7,71 кПа), тоді як для фаршу сардельок свинячих 7,02кПа відповідно.



а)



б)



в)



г)

Рис. 3.84. Кадри високошвидкісної зйомки процесу витікання сировини з вивантажувального патрубку емульсатора в різні моменти часу, що ілюструють пульсацію об'ємної витрати сировини

Таблиця 3.16

**Структурно-механічні властивості м'ясних фаршів**

Показник	Вид м'ясного фаршу	
	для ковбаси лікарської	для сардельок свинячих
Модуль осевого стискання $E$ , Па·10 <sup>3</sup>	20,20	14,04
Напруження стандартної penetрації $\theta_0$ , Па·10 <sup>3</sup>	7,71	7,02

Отримані дані можуть бути використанні при обґрунтуванні високопродуктивних способів подачі м'ясного фаршу до різального вузла емульсаторів.

Досліджено (таблиця 3.17, рис. 3.85) адгезійні [231] властивості м'ясних фаршів ковбаси "Лікарська" та сосисок "Свинячі"(методика наведена в п. 2.2.4) Найменші значення адгезії властиві міді М1Т (126 Па для ковбаси "Лікарська та 154,8 Па для сосисок "Свинячі"), титановому сплаву ВТ1-0 (143 Па для ковбаси "Лікарська та 174,2 Па для сосисок "Свинячі") та конструкційній сталі Ст3 (146 Па для ковбаси "Лікарська та 174,5 Па для сосисок "Свинячі").

Натомість корозійностійкій сталі AISI 304 (262,6 Па для ковбаси "Лікарська та 312,12 Па для сосисок "Свинячі"), фторопласту-4 (345 Па для ковбаси "Лікарська та 406,4 Па для сосисок "Свинячі") та сталі 40Х13 (288,1 Па для ковбаси "Лікарська та 350,6 Па для сосисок "Свинячі") властиві найбільші значення адгезії [231].

Дані результати [231] свідчать про те, що ті види та марки конструкційних матеріалів, які зазвичай рекомендуються для виготовлення конструкційних елементів емульсаторів (корозійностійка сталь AISI 304, фторопласт-4) не дозволяють поліпшити витратні характеристики їх бункерів і таким чином зменшити нагрів сировини при подрібненні. Доцільною є заміна таких конструкційних матеріалів на мідь М1Т або титановий сплав ВТ1-0.

Таблиця 3.17

Адгезійні властивості м'ясних фаршів по відношенню до різних матеріалів

Марка матеріалу	Значення адгезії для фаршу, Па	
	ковбаси "Лікарська"	сосисок "Свинячі"
Сталь Ст3	146	174,5
Корозійностійка сталь AISI 304	262,6	312,12
Титановий сплав ВТ1-0	143	174,2
Сталь 40Х13	288,1	350,6
Алюмінієвий сплав АМГ3	205,8	244,2
Мідь марки М1Т	126	158,4
Фторопласт-4	345	406,4

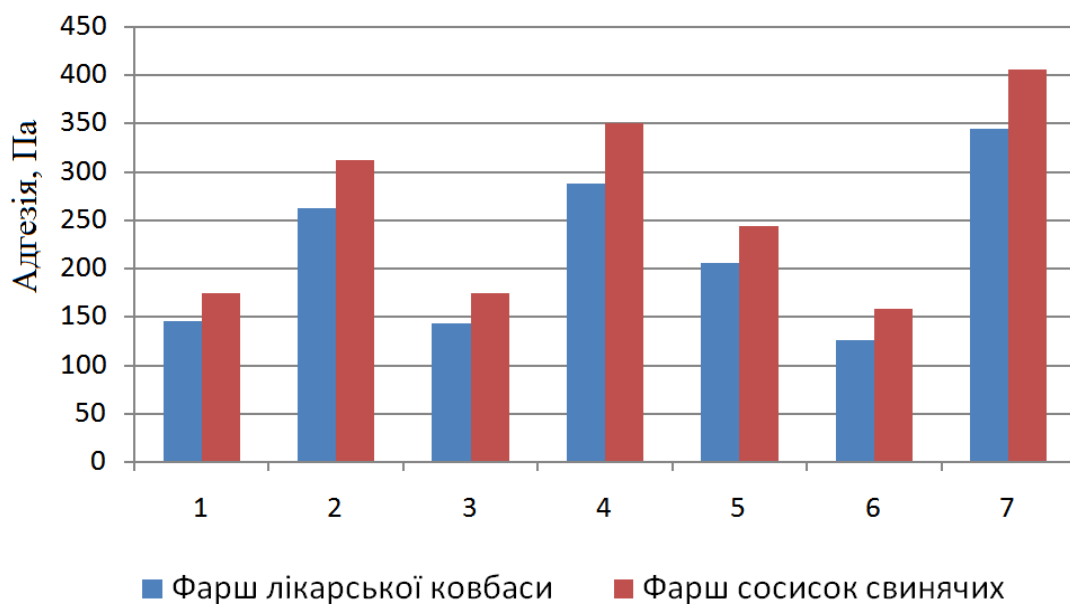


Рис. 3.86. Значення адгезії для конструкційних матеріалів:

1 - сталь Ст3; 2 - корозійностійка сталь AISI 304; 3 - титановий сплав ВТ1-0; 4 - сталь 40Х13; 5 - алюмінієвий сплав АМГ3; 6 - мідь М1Т; 7 - фторопласт-4

### 3.4 Висновки за розділом 3

1. Встановлені закономірності руху сировини в зоні подрібнення кутера та їх взаємодії з лезами ножової головки. Виявлені конструктивні і кінематичні параметри ножової головки і чаші кутера, які забезпечують максимальну

продуктивність процесу кутерування. Доведено, що за існуючих конструктивних і кінематичних параметрах ножової головки і чаші кутера неможливо досягти випадку, коли б сировина одночасно подавалась під усі ножі ножової головки, які розташовані в різних площинах різання, що є суттєвою причиною недостатньо високої питомої продуктивності кутера.

2. За результатами чисельного моделювання та аналізу високошвидкісної зйомки процесу кутерування встановлено закономірності адгезійної взаємодії м'ясної сировини з нижньою поверхнею ножа. Дана взаємодія обумовлює інтенсивний рух шарів сировини, що прилягають до ножа, разом із ним та після його проходження в напрямку його руху. Це призводить до зменшення кількості сировини, яка подається чашею кутера під наступний ніж даної площини різання, та, відповідно, до зменшення питомої продуктивності кутера.

3. Експериментальне дослідження зношування різальних крайків ножів кутера, які встановлені в різних площинах різання дозволило виявити, що для ножів кутера спостерігається неоднорідне зношування як по їх довжині так і для однойменних точок різних ножів. Аналіз отриманих фактів дозволив уточнити параметри взаємодії лез з сировиною, які обумовлені площинами різання, конструктивними особливостями ножів і чаші кутера та реологічними властивостями сировини.

4. Шляхом проведення високошвидкісної зйомки процесу кутерування та чисельного моделювання руху сировини крізь зону подрібнення виявлено особливості гідродинаміки руху сировини на різних етапах емульгування, які суттєво впливають на ефективність роботи окремих ножів ножової головки. Завдяки їм при подрібненні замороженої сировини в кутері з 6-ма ножами на початкових та серединних стадіях подрібнення в процесі приймають участь всі 6 ножів головки, на стадії тонкого подрібнення сировини лише 2.

5. Встановлено, що при швидкісному кутеруванні з сировиною контактує поверхня заточки леза ножа та, в деякій мірі, його нижня бокова поверхня, тоді як контакт сировини з верхньою боковою поверхнею на етапі емульгування сировини відсутній. Отримані результати корінним чином змінюють уяву про



особливості контакту ножів кутера із сировиною, що є вагомим підґрунтям до подальшого вдосконалення різального інструменту кутерів.

6. В результаті термографії сировини при кутеруванні встановлено, що важливим фактором нагрівання сировини при кутеруванні є її інтенсивне тертя по поверхням чаші та кришки ножової головки внаслідок високої кінетичної енергії після відкидання ножами першої площини різання. Врахування даного явища при проектуванні та модернізації кутерів дозволяє зменшити нагрів сировини та підвищити продуктивність даного типу машин.

7. Виявлено, що, на відміну від загальноприйнятих уявлень, шнек вовчка подає сировину не одразу по всій площі решіток різального вузла, а лише в межах певного сектору. Даний ефект обумовлює суттєве зменшення максимально можливої продуктивності вовчків, що обмежує технічні характеристики даних машин та зменшує економічну ефективність їх використання.

8. Доведено, що величина сектору інтенсивної подачі сировини вовчка залежить від конструктивних параметрів шнеку та елементів різального вузла, а також від структурно-механічних властивостей сировини. Збільшенню сектору подачі сировини сприяє зменшення кута підйому витків шнека, збільшення діаметру отворів, зменшення товщини вихідної решітки, зменшення пластичних та пружних властивостей сировини.

9. Отримано аналітичне рівняння для розрахунку коефіцієнта продуктивності вовчка. Використання рівняння для практичних розрахунків дозволяє підвищити адекватність оцінки продуктивності вовчка через врахування структурно-механічних властивостей сировини, геометрії шнека, величини опору різального вузла та будови ножів.

10. 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  $\alpha$ , частоти обертання шнека  $n_w$ , товщини вихідної решітки  $B$ , зовнішнього діаметра шнека  $D_w$ , глибини витка шнека  $h_6$ , зазору між шнеком та

робочим циліндром  $\delta$ , товщини витка  $b$ , площі фронтальної проєкції лез ножа  $S_d$ ) та структурно-механічних властивостей сировини (модуля осьового стискання  $E$ , напруження стандартної пенетрації  $\theta_0$ , напруження зрізу  $\theta_{зр}$ ) на продуктивність процесу подрібнення.

11. Використовуючи метод РЦКП та можливості статистичного середовища STATISTICA 10.0 отримано комплексне рівняння множинної регресії 2-го порядку, що пов'язує продуктивність вовчка з п'ятьма базовими конструктивними та кінематичними параметрами. Методом Крамера в математичному середовищі «MathCAD 15» отримано діапазон значень факторів, які забезпечують значення продуктивності вовчка як параметра оптимізації близькі до максимальних.

12. Отримані експериментальні залежності впливу конструктивних параметрів решіток різального вузла на їх гідравлічний опір при продавлюванні крізь них різних видів м'ясної сировини. Отримані дані є важливим компонентом при виборі типу конструкції та розрахунках потужності фаршевого насоса

13. Уточнено значення структурно-механічних властивостей м'ясної сировини, яка найчастіше переробляється у вовчках та емульсаторах.

14. Шляхом експериментальних досліджень виявлено вплив швидкості руху сировини крізь різальний вузол емульсатора на її структурно-механічні властивості та органолептичні показники готового продукту. Отримані результати дозволили зробити висновок про те, що збільшення швидкості подачі сировини не призводить до значних змін структурно-механічних властивостей сировини і практично не впливає на комплекс органолептичних показників готової продукції. Таким чином існує резерв збільшення швидкості подачі сировини до різального вузла на 30-40% (з 3000 кг/год до 4200 кг/год).

15. З використанням методів чисельного та експериментального моделювання отримано дані про вплив конструктивних характеристик завантажувальних бункерів на параметри руху і відповідні масові витрати сировини. На основі отриманих результатів запропоновано рекомендації для розробки нової конфігурації бункера емульсатора з підвищеною швидкістю подачі сировини до різального вузла.

16. Вдосконалено формулу для визначання потужності, необхідної для реалізації процесу тонкого подрібнення м'ясної сировини на емульситаторі з робочими органами типу "ротор-статор, яка зв'язує пов'язує фізичні та реологічні параметри робочого середовища з геометричними параметрами залученого для реалізації процесу технологічного пристрою.

17. Шляхом чисельного моделювання процесу руху сировини крізь різальний вузол та високошвидкісної зйомки процесу витікання сировини з вивантажувального патрубку емульситатора встановлено, що лінійні швидкості руху сировини в коловому напрямку набагато перевищують лінійні швидкості руху сировини вздовж вісі патрубку. Прийнята частота обертання вивантажувальної крильчатки ( $50 \text{ c}^{-1}$ ) є надлишковою, оскільки, враховуючи низьку швидкість витікання сировини з бункера, відмічається надлишкове непродуктивне тертя сировини об стінки кожуху, що неминуче призводить до додаткового нагріву сировини. Наявна характерна систематична пульсація об'ємної витрати сировини при її русі крізь вивантажувальний патрубок, що підтверджує припущення про неоднакову завантаженість лез ножів сировиною та про недостатню швидкість її витікання з бункеру.

18. Встановлено адгезійні властивості м'ясних фаршів по відношенню до різних матеріалів. Запропоновано рекомендації по можливій заміні традиційних матеріалів конструкційних елементів завантажувальних бункерів емульситаторів на мідь М1Т або титановий сплав ВТ1-0 для підвищення їх витратних характеристик.

## РОЗДІЛ 4.

### НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН І ДОВГОВІЧНІСТЬ РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИН ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ М'ЯСНОЇ СИРОВИНИ

#### 4.1 Причини та наслідки руйнування ножів кутера під час роботи

Конструкція сучасних моделей кутерів дозволяє реалізовувати низку видів та режимів обробки харчової сировини. Це подрібнення безкісткового шматкового м'яса (парного чи замороженого) до стану шроту або фаршу, подрібнення фаршу до стану емульсії, змішування рецептурних інгредієнтів з одночасним подрібненням та без нього, вакуумування сировини та її теплова обробка, що здійснюється одночасно з процесом подрібнення, насичення сировини інертним газом, заморожування її рідким азотом (див. п. 1.2).

З метою забезпечення означених видів обробки кутер оснащено відповідними вузлами та агрегатами, основним з яких є ножова головка, яка складається з кількох ножових блоків, кожен з яких містить, найчастіше, по 2 ножі спеціальної геометричної форми, які виготовлені з відповідних марок сталі та пройшли відповідну специфічну термічну обробку.

Ножі в своїй роботі зазнають різноманітних впливів. Фактором, який найбільше лімітує довговічність ножів, є зношування їх різальних кромок. Заточений ніж має різальну кромку з радіусом закруглення 9 мкм, після 1 робочої зміни радіус закруглення різальної кромки сягає 40-45 мкм. Для кутера з об'ємом чаші 500 л довговічність ножів складає 300-400 т переробленої сировини. Загалом, при середній завантаженості кутера в роботі довговічність ножів не перевищує 2-х місяців.

Це обумовлено високими зношувальними властивостями м'ясної сировини, в тому числі, дією її поверхнево-активних речовин, а також достатньо малим допустимим припуском ножів на перезаточування. Заточування ножів відбувається по їх передній грані, що призводить до зменшення ширини ножів, а відтак - до зниження їх міцності. Припуск на перезаточування ножа, який регламентується

супроводжувальною документацією від виробника, складає 8-15 мм для ножів кутерів з об'ємом чаші 200-330 л. Таким чином, ніж, після доволі невеликої кількості циклів перезаточування стає непридатним для подальшого використання та утилізується.

Вартість комплекту з 6-ти ножів на даний час складає від 3000 грн. (ножі вітчизняного виробництва з некорозійностійких сталей) до 2000 € (ножі німецьких виробників зі спеціальних корозійностійких сталей).

Значною проблемою для м'ясопереробників є руйнування ножів під час роботи. В середньому, один або декілька ножів руйнуються в частоту до 3-х разів на рік при двозмінній роботі кутера 16 годин на добу. При цьому втрачається сам ніж (або декілька ножів), оброблювана сировина (близько 200-300 л), а також пошкоджується чаша та кришка ножової головки кутера - з'являються вибоїни значної протяжності глибиною до 6 мм. Внаслідок руйнування хоча б одного ножа порушується баланс ножової головки, що призводить до виникнення значних динамічних сил, які діють на ножовий вал і, як наслідок, до швидкого виходу з ладу підшипників ножового валу. Також може спостерігатись деформування кришки ножової головки та деформування опорного валу цієї кришки.

При руйнуванні ножів здійснюються наступні види ремонту. Замінюються передній і задній (сторона ножів і сторона мотору) підшипники ножового валу і супутні зношені частини (ущільнення тощо). В деяких випадках може здійснюватись заміна ножового валу (якщо після заміни підшипників відмічається подальший швидкий вихід із ладу підшипників). Основна ознака необхідності заміни ножового валу – це підвищена вібрація і шум при роботі. Також виконується рихтування деформацій ножової кришки, заварювання (TIG) виявлених дефектів і їх зашліфування.

До руйнування ножів призводить цілий комплекс причин. Це можуть бути причини, обумовлені недбалим доглядом за кутером під час роботи, зокрема потрапляння в чашу кутера разом із сировиною кісток або металевих елементів (болтів тощо), ніж нашттовхуючись на них зазнає занадто великих ударних навантажень і руйнується.

Інші причини обумовлюються конструкцією та порядком експлуатації ножів. Під час кутерування на ніж діють сили різання, тиск від сировини, яка подається чашею кутера і відцентрові сили. Вони призводять до складного напружено-деформованого стану ножів, який супроводжується виникненням характерних зон концентрації напружень (рис. 4.1, а) - біля посадочної частини ножа та на задній його грані.

Ножі виконують до 100 обертів за секунду. При входженні в сировину вони згинаються під дією сил різання, а по виході з сировини - розгинаються. В такому разі мову слід вести про коливальний процес, який відбувається з частотою 100 Гц. Як показано в п. 4.2, ножі сучасних кутерів працюють в умовах коливань, наближених до резонансу (рис. 4.1, б). Коефіцієнт динамічності для них сягає  $\beta=2,24$ , що вказує на пропорційне підвищення напружень в ножі саме за рахунок специфічного впливу коливального процесу. Це, поряд із недостатньою втомною витривалістю, є одним із факторів збільшення випадків руйнування ножів при роботі сучасних високошвидкісних кутерів.

В сучасних кутерах повне навантаження ножів силою різання відбувається за дуже короткий проміжок часу -  $1/400$  с. В цьому випадку мова йде про ударний характер навантаження, а відтак матеріал ножа повинен бути адаптований до таких умов роботи, зокрема, мати достатню в'язкість. Вирішується це завдання вибором марок сталей з середнім (сталь 40X13, 50X14МФ) або підвищеним (сталь 65Г) вмістом вуглецю та проведенням відповідної термічної обробки найбільш навантажених ділянок ножа (нормалізація або поліпшення сталі).

Один із лідерів у виробництві ножів кутера, німецька фірма GW Steffens GmbH, виготовляє ножі кутера зі сталі запатентованої марки M92. Вона, за твердженням виробника, володіє кращим поєднанням наступних властивостей: високої зносостійкості, високої корозійної стійкості, високої в'язкості та втомної міцності. Як показав хімічний аналіз матеріалу цих ножів, сталь містить: 0,7-0,9% вуглецю, до 1% марганцю, до 1% кремнію, 1% молібдену, 15 ванадію, 1% ніобію та близько 13% хрому. Сталь має дещо вищий вміст вуглецю в порівнянні зі сталлю

65Г і в той же час - поліпшену в'язкість, корозійну стійкість та здатність до загартування.

Різні виробники ножів проводять різну їх термічну обробку. На рис. 4.2 показано результати експериментального вимірювання твердості ділянок ножів закордонного (а) та вітчизняного (б) виробництва (вимірювання твердості проводилось за допомогою твердоміра ТК-2М).

Як видно з рис. 4.2, а, ножі фірми GW Steffens GmbH мають загартовану робочу частину (до 56 одиниць за HRC) та нормалізовану посадочну частину (до 20 HRC). В такому випадку покращена здатність сприймати ударні навантаження забезпечується для зони сполучення робочої та посадочної частин ножа (1 на рис. 4.1).

Ножі до кутерів Л5-ФКБ та Л5-ФКМ вітчизняного виробництва (м. Черкаси) термооброблюються іншим чином. Лезо загартовується до твердості 56HRC за допомогою струмів високої частоти, а решта частин ножа залишається нормалізованими до твердості 20-25HRC (рис. 4.2, б). Такий спосіб термообробки забезпечує підвищену в'язкість ножа не лише в зоні сполучення робочої і посадочної частин, а й в місці концентрації напружень на задній грані (2 на рис. 4.1, а).

Однак, як показують результати, що викладені нижче, такі способи термообробки не забезпечують належної міцності ножів. Більшість поломок ножів відбувається в результаті втомного руйнування. На рис. 4.3 показано характері зони зламу металу - тріщина почала розвиватись в зоні концентрації напружень на задній грані ножа, метал тут має мілкокристалічну структуру, тоді як решта металу зламу має крупнозернисту структуру. На рис. 4.4 показано макротріщину, яка почала розвиватись на задній грані ножа кутера Л5-ФКБ, найбільш глибока ділянка тріщини розташована в зоні 2 (відповідно до рис. 4.1, а) концентрації напружень на задній грані ножа.

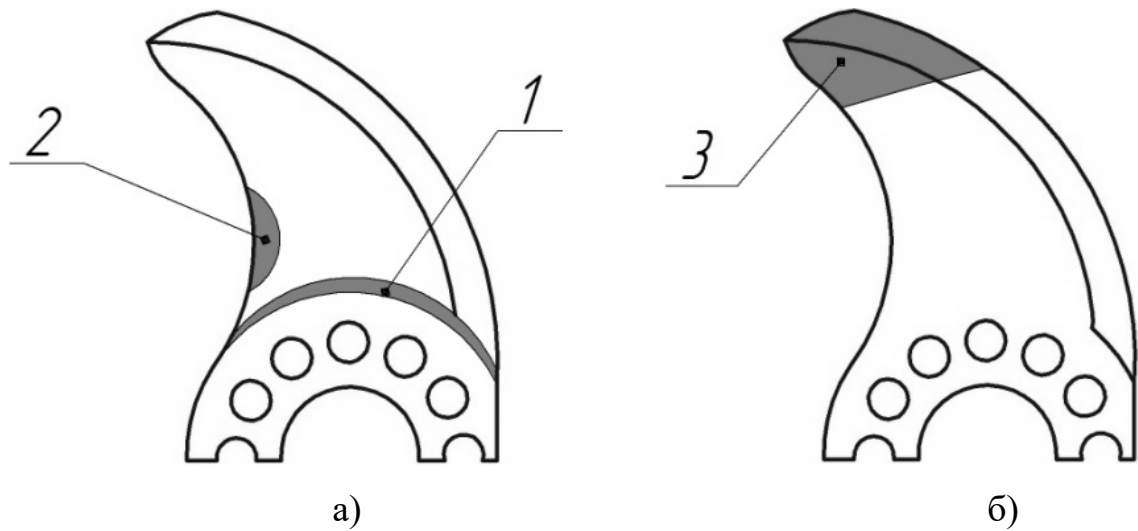


Рис. 4.1. Схема розміщення зон концентрації напружень та максимальних деформацій ножа кутера: а) - зони концентрації напружень при статичному навантаженні (1 - зона біля посадочної частини ножа, 2 - зона на задній грані ножа); б) - зона максимальних деформацій 3, викликаних коливаннями ножа при кутеруванні при частотах, наближених до резонансних

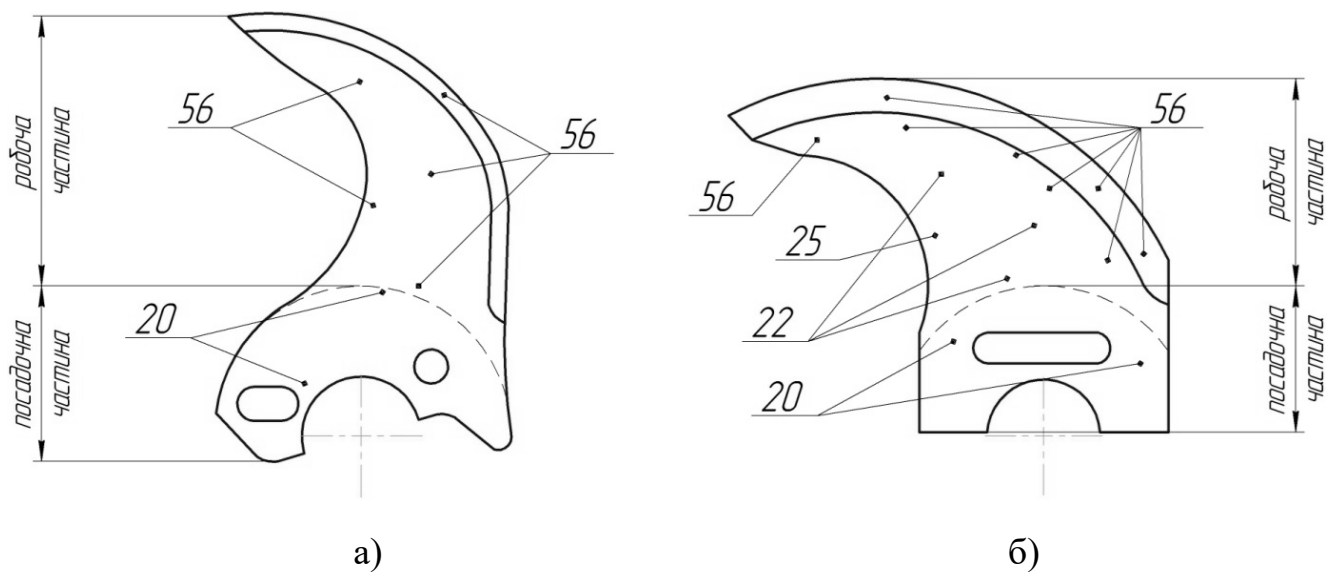


Рис. 4.2. Схема розміщення точок та результати експериментального вимірювання твердості ножів різних виробників за шкалою Роквелла: а) - ніж кутера Laska KR-330-2V виробництва німецької фірми GW Steffens GmbH; б) - ніж кутера Л5-ФКБ вітчизняного виробництва

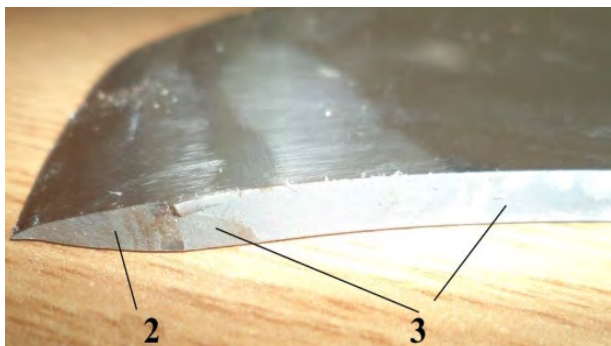




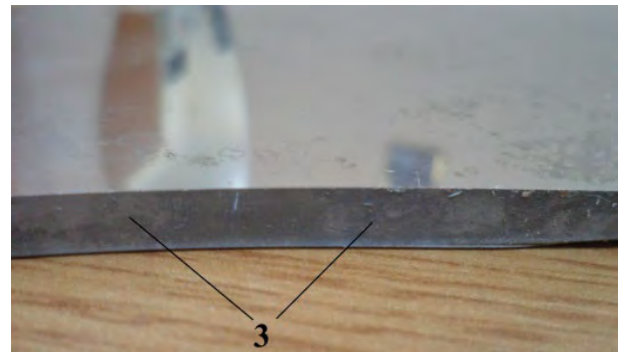
а)



б)



в)



г)

Рис. 4.3. Фотографії зруйнованого ножа кутера GEA Cutmaster з чашею об'ємом 500 л під дією втомних напружень: а) – загальний вид ножа з боку леза; б) – загальний вид ножа з боку фаски на задній грані; в, г) – характерні зони зламу ножа; 1 – товщина металу, знятого при перезаточуванні; 2- зона крупного зерна металу; 3 - зона дрібного зерна, яка утворилась під дією втомних напружень; 4 – місце початку розвитку втомної тріщини



а)



б)



в)



г)

Рис. 4.4. Фотографії ножа кутера Л5-ФКБ: з втомною макротріщиною на робочій поверхні: а) - вид ножа знизу, показано фаску на задній грані; б) - вид ножа зверху; в) – зона розміщення втомної макротріщини; г) – збільшений ( $\times 2.3$ ) вигляд втомної макротріщини

Втомне руйнування ножів може бути викликане низкою причин: недостатньою статичною міцністю, недостатньо високими допустимими втомними напруженнями металу, недостатньою втомною витривалістю металу, підвищеною шорсткістю зовнішніх поверхонь, наявністю розтягувальних напружень в поверхневих шарах після шліфування і заточування, корозією та зношуванням поверхневих шарів тощо.

Втомну міцність ножів значно знижує корозійний вплив м'ясного середовища через пошкодження поверхневого шару. Як відомо, корозійно-активне середовище знижує втомну міцність конструкційних сталей на величину до 87%, а корозійностійких - на 44%. Знижує втомну міцність і попередня корозія (наприклад, при зберіганні ножів) на величину до 35% .

З огляду на зазначені фактори, можна стверджувати, що жодна з наведених на рис. 4.2 схем формування твердості (шляхом термічної обробки) не відповідає в повній мірі вимогам, що висуваються до ножів кутера. Метал в зонах 1 і 2 (відповідно до рис. 4.1, а) повинен бути і достатньо в'язким для витримування ударних навантажень, як при різанні лезом так і при ударі шматків сировини об нижню бокову поверхню ножа (див. рис. 3.17) і достатньо твердим для опору втомному руйнуванню та підвищенню корозійної стійкості.

Вимірювання шорсткості поверхні ножів німецького і українського виробництва дозволило встановити, що ножі кутера Laska KR-330-2V, виготовлені фірмою GW Steffens GmbH, мають посадкову поверхню з шорсткістю  $Ra=0,708$  мкм і робочу поверхню з шорсткістю  $Ra=0,053$  мкм. Ножі кутера Л5-ФКБ мають і робочу і посадкову частину з шорсткістю  $Ra=0,216$  мкм.

Отримані дані вказують на те, що робоча частина ножа німецького виробництва пройшла операцію полірування, тоді як робоча частина ножа українського виробництва в якості фінішної обробки пройшла операцію шліфування. В результаті ніж Л5-ФКБ має в 4 рази вищу шорсткість на робочій поверхні, що обумовлює на 5-10% його меншу втомну витривалість. Задня грань ножа Laska KR-330-2V має високу якість обробки, тоді як на задній грані ножа Л5-ФКБ наявні значні щербини, що, очевидно, так само є джерелом зародження втомних тріщин в ножі (рис. 4.4).

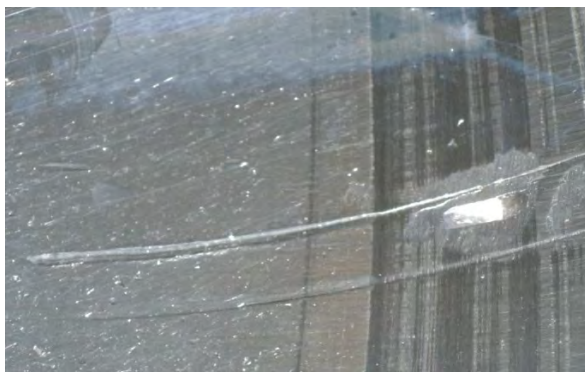
Проблема недостатньої втомної міцності продовжує залишатись актуальною для ножів кутера і потребує знаходження ефективних шляхів свого вирішення. Характерні приклади руйнувань елементів кутера показані на рис. 4.5, їх причиною є високі лінійні швидкості руху частин ножа (100–180 м/с).



а)



б)



в)



г)



д)



е)

Рис. 4.5. Фотографії пошкоджень елементів конструкції кутера Laska KR-330-2V при руйнуванні ножів під час кутерування: а) - загальний вид кутера; б) - кришка ножової головки (поз. 1 на рис. а); в) - периферія чаші (поз. 2 на рис. а); г) - периферія чаші (поз. 3 на рис. а); д, е) - центральний конус чаші (поз. 4 на рис. а)

Можна зробити наступні висновки. Кутер залишається однією з найбільш важливих, в технологічному розумінні, машин для виготовлення ковбасних виробів. Висока його затребуваність у виробництві та висока його вартість зумовлюють підвищені вимоги до надійності його вузлів і агрегатів. Елементами, які працюють в найбільш напружених умовах є ножі. При цьому надійність кутера лімітується якістю роботи ножової головки та міцністю ножів.

Руйнування ножів під час роботи кутера викликає значні комплексні збитки, які можуть сягати десятків тисяч гривень, без врахування збитків, обумовлених простоюванням технологічного обладнання. Враховуючи наведене, дослідження напружено-деформованого стану ножів кутерів та пошук шляхів підвищення їх статичної, динамічної та втомної міцності є достатньо важливим та актуальним завданням.

## **4.2 Напружено-деформований стан ножів кутера**

### **4.2.1 Силовий вплив сировини на ножі**

Для визначення напружено-деформованого стану ножів необхідним є, насамперед, визначення зусиль, які діють на нього при роботі. При цьому величина зусилля суттєвим чином залежить від кута різання [108].

Для ножів кутера особливо велике значення має мінімізація кута різання леза. Це досягається шляхом кінематичної трансформації кута різання (рисунок 4.6) – при використанні криволінійних лез кут різання  $\beta_1$  завжди менше кута загострювання  $\beta$ . Недослідженим залишається вплив кута загострювання леза на опір його руху крізь сировину та, відповідно, на значення тиску на поверхню леза ножа. Це не дозволяє отримати високу точність при розрахунку ножів кутера на міцність та не дозволяє визначати ефективні шляхи їх подальшого вдосконалення.

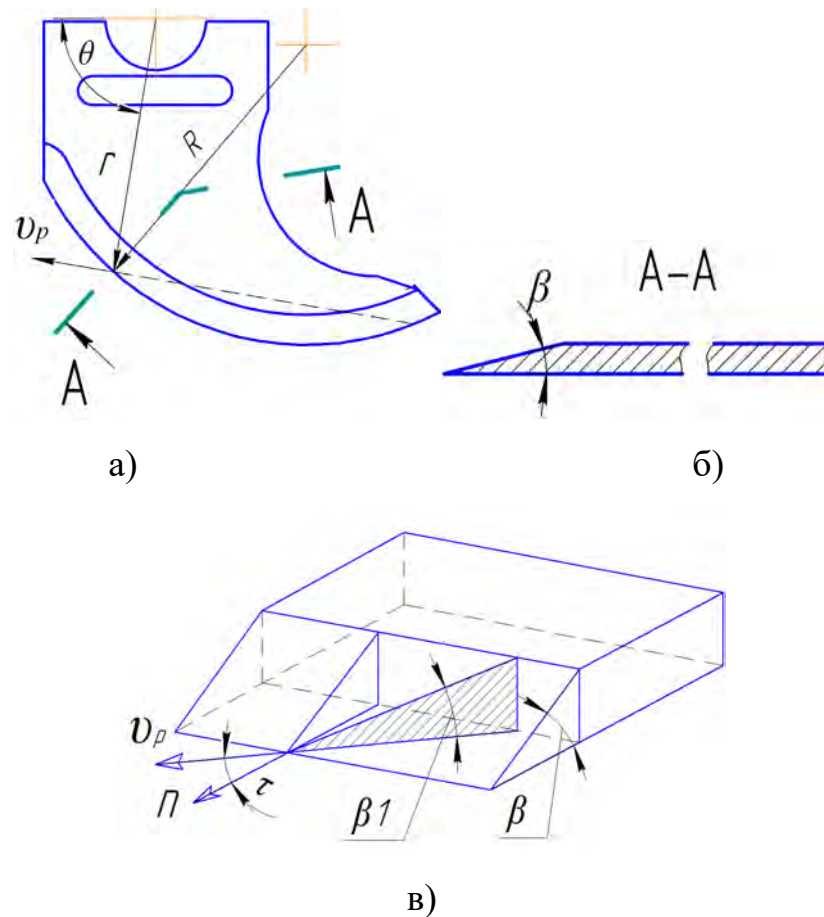


Рис.4.6. Схема до визначення кінематичного кута різання:

а) – ніж кутера (як приклад, наведено схему ножа кутера Л5-ФКБ, лезо якого виконано у вигляді дуги кола з радіусом  $R$ ); б) – поперечний переріз ножа; в) – переріз ножа в напрямку швидкості різання  $v_p$ ;  $\theta$  – поточний кут, що визначає положення точки на лезі;  $r$  – радіус обертання точки леза;  $v_p$  – швидкість різання;  $n$  – нормаль до дотичної до леза ножа;  $\tau$  – кут ковзання;  $\beta$  – кут загострення леза;  $\beta_1$  – кінематичний кут різання

Для моделювання [108] було обрано тривимірну модель ламінарного руху нестисливої в'язкої рідини, яка базується рівняннях Нав'є-Стокса та суцільності середовища:

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \nabla) \cdot \vec{v} = \frac{1}{\rho} \nabla p + \frac{1}{\rho} \nabla (\mu \nabla \vec{v}) + \vec{S}, \quad (4.1)$$

$$\text{div} \vec{v} = 0$$

де  $\vec{v}$  – векторне поле швидкостей;  $t$  – час;  $p$  – тиск;  $\rho$  – густина;  
 $\mu$  – динамічна в'язкість;  $\vec{S}$  – масові сили.

Граничні умови задавались наступним чином (в термінах FlowVision):

- на вході в розрахункову область – вхід, нормальна швидкість –  $v_n|_{zp} = v_0$ ;
- верхня, нижня та задня грані розрахункової області – вільний вихід –  $p|_{zp} = 0$   
 $; v|_{zp} = v_\tau|_{zp}$  при  $(\vec{v}, \vec{n}) > 0$ ,  $\nabla(v_i, \vec{n})|_{zp} = 0$  при  $(\vec{v}, \vec{n}) \leq 0$ .
- поверхня ножа – стінка, логарифмічний закон, що враховує значення пісочної шорсткості в мкм –  $v_n|_{zp} = 0$ ,  $\tau|_{zp} = \mu \frac{\partial v}{\partial y}|_{v=0}$ ;
- бокові поверхні розрахункової області – симетрія, стінка з проковзуванням –  
 $v_n|_{zp} = 0$ ,  $\frac{\partial v_\tau}{\partial n}|_{zp} = 0$ ;

Тут  $v_n, v_\tau$  – нормальна та тангенціальна складові вектори швидкості,  $v_i, i=1,2,3$  – проекції вектора швидкості на осі координат,  $\vec{n}$  – вектор нормалі до границі.

Для моделювання режиму розрізання кускової парної м'ясної сировини та її фаршу в кутері було застосовано наступні вихідні дані [108]: швидкість руху рідини при визначенні лобового тиску задавалась в межах від 50 м/с до 200 м/с (як при обертанні ножів); режим руху рідини – ламінарний; густина рідини 1050 кг/м<sup>3</sup>, в'язкість рідини 30-700 Па·с [141, 336]. Значення кута загострення леза приймалися наступні: 2°, 5°, 8°, 11°, 14°.

Чисельне моделювання гідродинаміки сировини при русі ножа виконувалося в програмному комплексі FlowVision відповідно до розроблених методик (п. 2.2.3)

В результаті моделювання [108] було визначено розподілення тиску рідини при фронтальному обтіканні леза. Візуалізація отриманих результатів наведена на рис. 4.7, 4.8 (для окремих випадків).

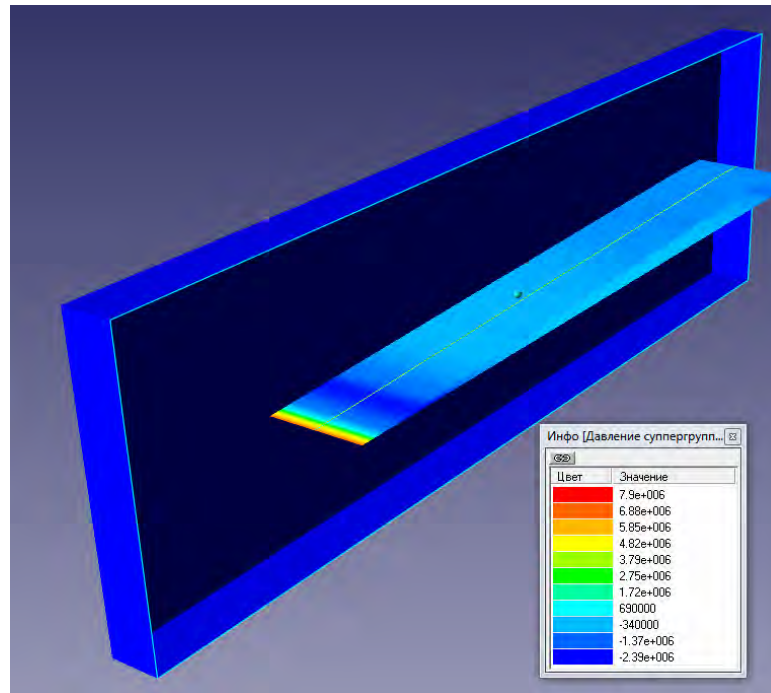


Рис. 4.7. Розподілення тиску рідини при фронтальному обтіканні леза (кут загострення леза  $\beta = 2$  град., швидкість різання  $v = 200$  м/с, в'язкість сировини  $\eta = 30$  Па·с)

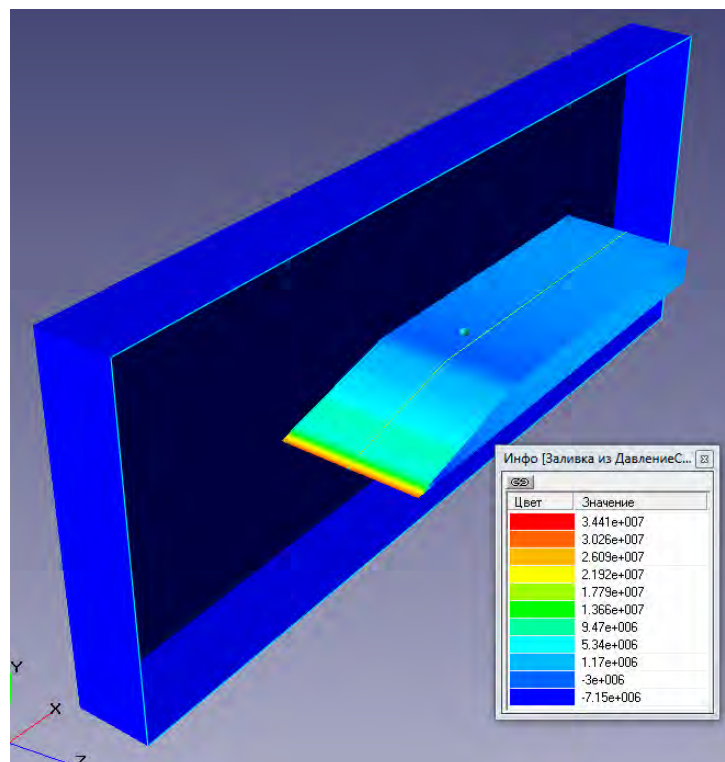


Рис. 4.8. Розподілення тиску рідини при фронтальному обтіканні леза (кут загострення леза  $\beta = 14$  град., швидкість різання  $v = 200$  м/с, в'язкість сировини  $\eta = 700$  Па·с)



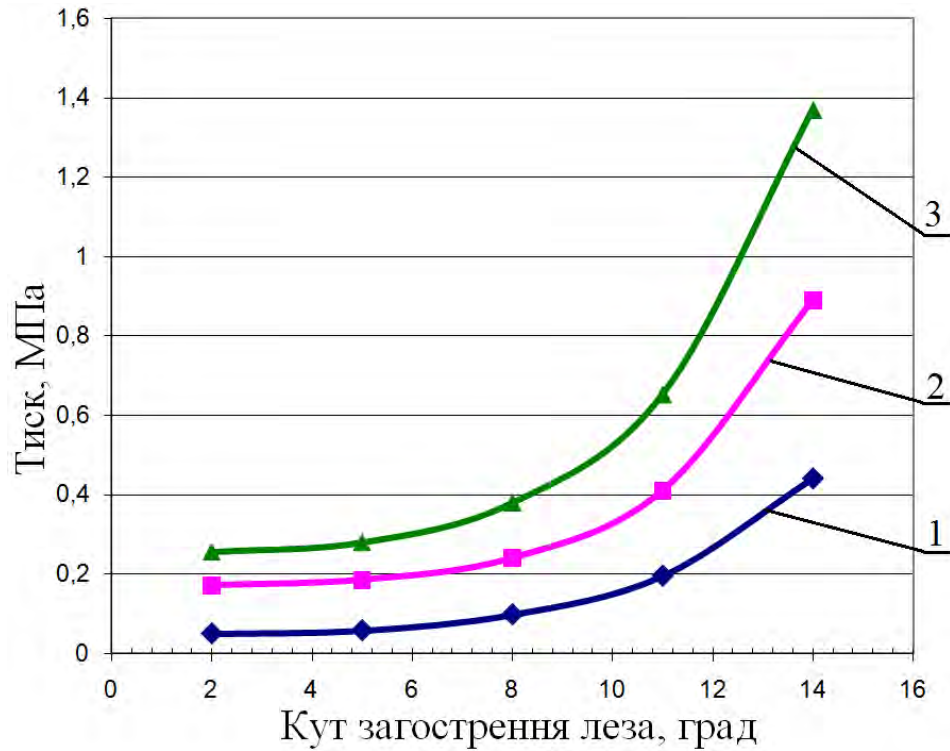


Рис. 4.9. Середні значення тиску, який діє на переріз ножа при кутеруванні, при швидкості різання  $v=50$  м/с та наступних значеннях в'язкості сировини: 1 –  $\eta=30\text{Па}\cdot\text{с}$ ; 2 -  $\eta=200\text{Па}\cdot\text{с}$ ; 3 -  $\eta=700\text{Па}\cdot\text{с}$

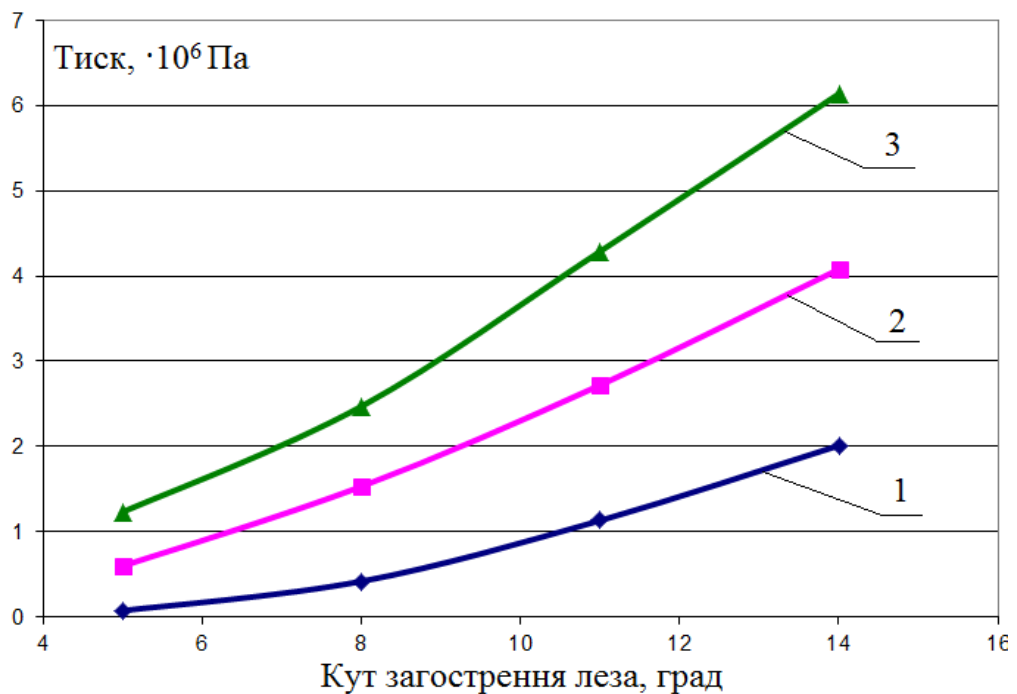


Рис. 4.10. Середні значення тиску, який діє на переріз ножа при кутеруванні, при швидкості різання  $v=125$  м/с та наступних значеннях в'язкості сировини: 1 –  $\eta=30\text{Па}\cdot\text{с}$ ; 2 -  $\eta=200\text{Па}\cdot\text{с}$ ; 3 -  $\eta=700\text{Па}\cdot\text{с}$

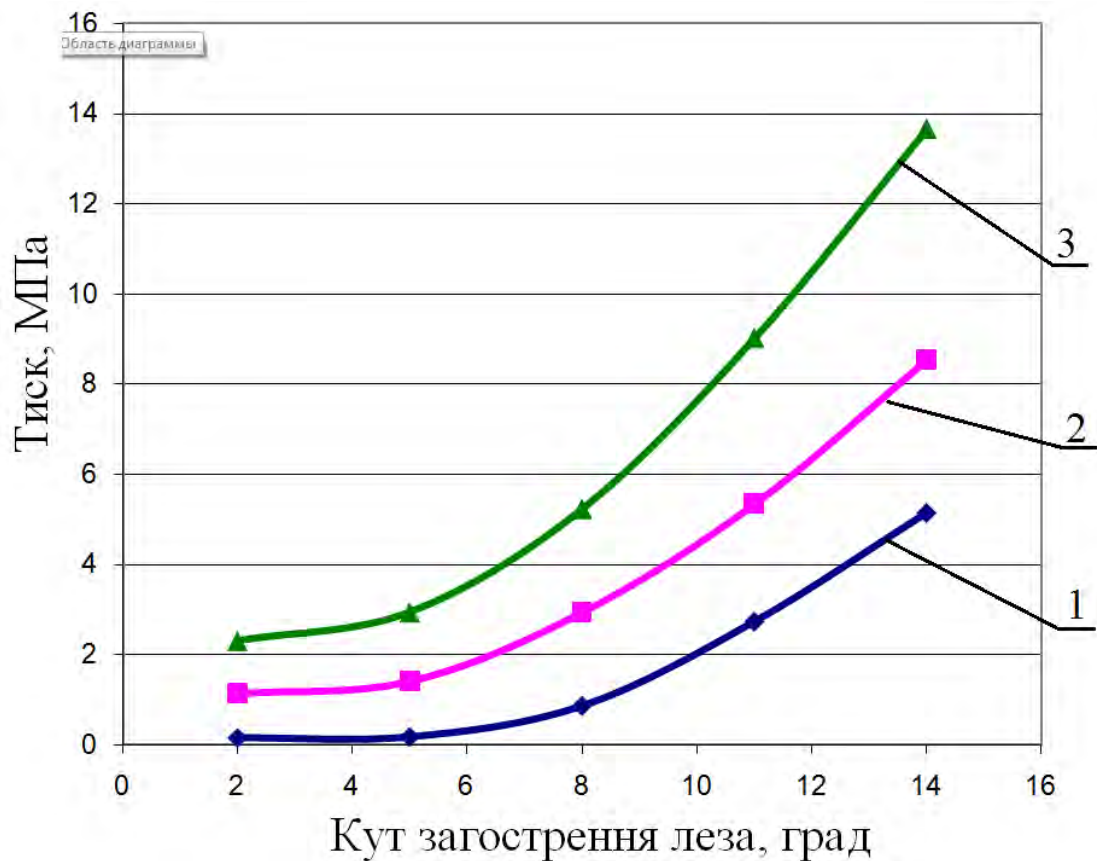


Рис. 4.11. Середні значення тиску, який діє на переріз ножа при кутеруванні, при швидкості різання  $v=200$  м/с та наступних значеннях в'язкості сировини: 1 –  $\eta=30$  Па·с; 2 –  $\eta=200$  Па·с; 3 –  $\eta=700$  Па·с

Отримані при чисельному моделюванні [108] результати (рис. 4.9-4.11) були апроксимовані методом найменших квадратів, в результаті чого отримано наступне рівняння множинної регресії:

$$P = -4,69 + 0,32 \cdot \beta^2 + 0,0261 \cdot v + 0,0035 \cdot \eta, \quad (4.2)$$

де  $P$  – значення тиску, МПа;  $\beta$  – кут загострення леза, град.;

$v$  – швидкість різання, м/с;  $\eta$  – в'язкість сировини Па·с.

Як слідує з результатів моделювання [108], зміна кута загострення леза істотно впливає на тиск, що діє на поверхню леза ножа. Так при швидкості потоку 50 м/с зміна кута  $\beta$  від  $2^\circ$  до  $14^\circ$  призводить до зміни тиску на лезо від 0,05 МПа до 1,37 МПа залежно від в'язкості сировини. При швидкості потоку 200 м/с тиск на лезо змінюється відповідно від 0,69 МПа до 13,66 МПа.

При цьому більшій в'язкості потоку сировини відповідає більш яскраво виражене підвищення тиску при збільшенні кута загострення.

Це вказує на необхідність обов'язкового врахування зазначених конструктивних параметрів при визначенні умов силового навантаження ножів кутера та при розрахунку їх на міцність.

#### **4.2.2 Чисельне дослідження частот власних коливань різнотипних ножів кутера та впливу вібраційних навантажень на їх напружено-деформований стан**

Сучасні конструкції кутерів відповідно до технологічних вимог мають інтенсифіковані режими роботи. Як результат, проблема забезпечення належної міцності і довговічності ножів кутера постає перед виробниками різального інструменту в новому форматі [96, 97, 104].

Ведучи мову про пошук шляхів вирішення даної проблеми поряд із зазначеними чинниками силового навантаження ножів хотілося б відзначити ще один, якому, на нашу думку, поки що не приділено достатньої уваги дослідників. Таким чинником є вібраційне навантаження ножів кутера.

Виконуючи до  $100 \text{ с}^{-1}$  і при цьому маючи періодичний контакт із сировиною, ніж виконує до 100 коливань за секунду внаслідок деформації при різанні сировини. Зважаючи на достатньо високу частоту коливань ножів, їх значну довжину та невелику товщину, ймовірно припустити [96, 97, 104], що при їх роботі може виникати явище резонансу, яке, як відомо, призводить до різкого збільшення деформацій тіла та до його руйнування. Дослідження параметрів коливань ножів кутера може надати можливість визначити раціональні шляхи підвищення їх міцності, а відтак і довговічності.

Досліджувались [96, 97, 104] частоти власних коливань 6 типів конструкцій ножів (рис. 4.12), які найчастіше використовуються в сучасних моделях кутерів. Відповідно до рисунку 4.12 ножі представлених типів відносяться до кутерів наступних марок: тип I – Seydelmann; тип II і III – Laska; тип IV – Kilia; тип V – Alpina; тип VI – Л5-ФКБ.

Дослідження частот власних коливань проводилось шляхом чисельного математичного моделювання (методику див. в п. 2.2.3). Для кожного типу ножа були побудовані 3D-моделі, при цьому максимальний радіус обертання точок ножа склав 300 мм, а товщина ножа приймала три значення, кожне з яких визначалось за допомогою масштабного коефіцієнту  $k$  ( $k_1=42,9$ ;  $k_2=60$ ;  $k_3=85,7$ ). Масштабний коефіцієнт  $k$  вираховувався за виразом:

$$k = \frac{R}{S}, \quad (4.4)$$

де  $R$  – максимальний радіус обертання точок леза ножа, мм;

$S$  – товщина ножа, мм.

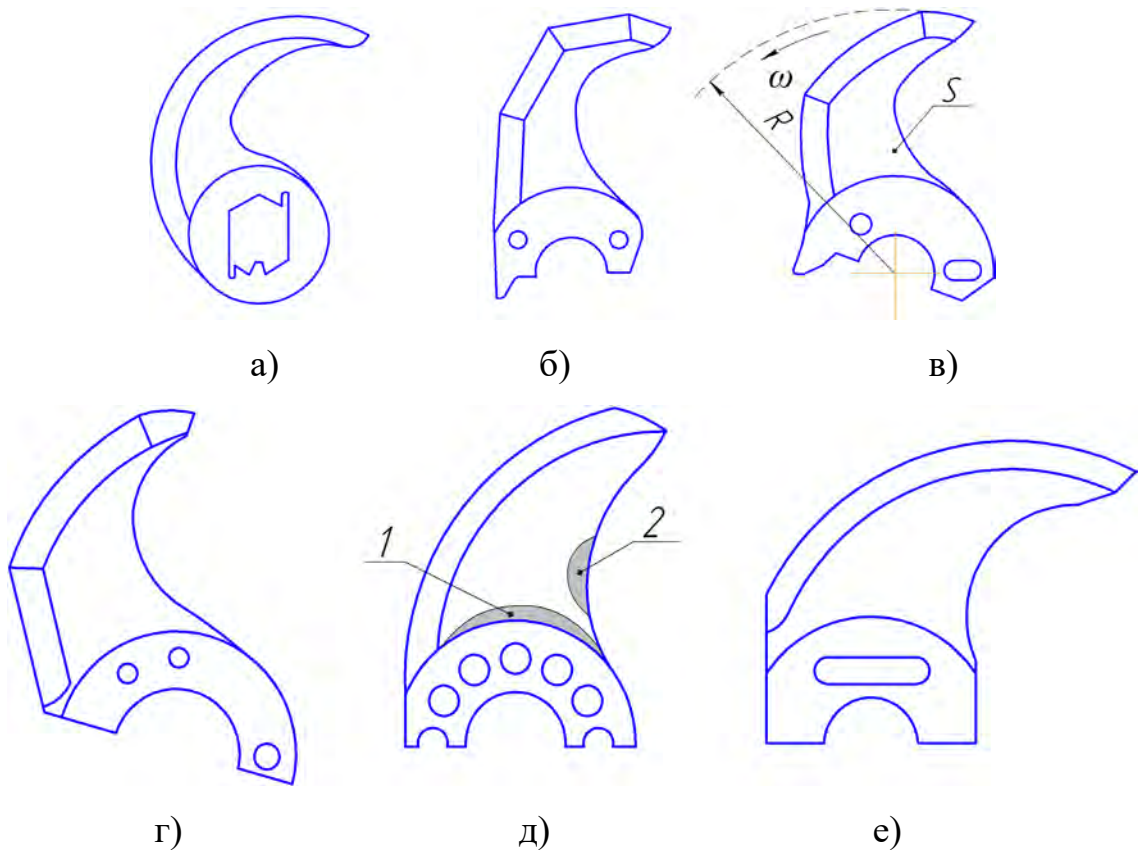


Рис. 4.12. Схеми конструкцій ножів, які найчастіше використовуються на практиці: а) – тип I; б) – тип II; в) - тип III; г) - тип IV; д) - тип V; е) - тип VI;  $R$  – найбільший радіус обертання точок леза ножа;  $S$  – товщина ножа;  $\omega$  – напрямок обертання ножа при подрібненні сировини; 1, 2 – зони виникнення найбільших напружень в тілі ножа при його статичному навантаженні

Значення  $k$  визначались згідно [309], при цьому значення  $k_1$  відповідає ножам із найбільшою питомою товщиною, а значення  $k_3$  - ножам із найменшою питомою товщиною. Використання масштабного коефіцієнту  $k$  дозволяє отримати результати моделювання, які можна інтерпретувати для ножів кутерів різної продуктивності, тобто для кутерів із чашами різного об'єму, ножі яких мають різні довжини. В даному випадку, для ножів з  $R=300$  мм, значення масштабного коефіцієнту  $k$  відповідали наступним значенням товщини ножа: при  $k=42,9$  -  $S=7$  мм; при  $k=60$  -  $S=5$  мм; при  $k_3=85,7$  -  $S=3,5$  мм.

В якості матеріалу ножів було обрано [96, 97, 104] сталь леговану, з межею текучості 620,4 МПа (значення межі текучості відповідає марці сталі 65Г, яка широко використовується вітчизняними виробниками для виготовлення ножів кутера).

Візуалізацію отриманих результатів (для деяких типів ножів) наведено на рис. 4.13, 4.14. Значення власних частот коливань ножів наведено в таблиці 4.1, при цьому, враховуючи дійсний режим роботи сучасних кутерів, визначались (методику дивись в п. 2.2.3) лише дві перші частоти власних коливань  $\nu_{власн.1}$  та  $\nu_{власн.2}$ .

Отримані дані були апроксимовані методом найменших квадратів квадратичною функцією виду:

$$\nu_{власн.1} = a + b \cdot k + c \cdot k^2 \quad (4.5)$$

де  $\nu_{власн.1}$  – перша власна частота коливання ножа, Гц;

$k$  – масштабний коефіцієнт;

$a, b, c$  - коефіцієнти (визначаються за таблицею 4.2).

Як слідує з отриманих даних [96, 97, 104], ножі усіх досліджуваних типів, при використанні їх в сучасних високошвидкісних кутерах, працюють в області частот, наближених до резонансу або ж можуть працювати саме в режимі резонансу. При цьому для ножів типу І зменшеної товщини спостерігається проходження першої

резонансної частоти та наближення до другої (відповідно 48,9 Гц та 121,3 Гц), що вказує на вкрай низьку їх вібраційну стійкість.

З метою відображення впливу вібраційного навантаження ножів на їх напружено-деформований стан було використане поняття коефіцієнту динамічності, який визначався за виразом:

$$\beta = \frac{A}{x_{ст}} = \frac{1}{1 - \frac{v_{вим.}^2}{v_{власн.}^2}}, \quad (4.6)$$

де  $A$  – амплітуда вимушених коливань;

$x_{ст}$  – величина деформацій за умови статичного навантаження ножа;

$v_{вим.}$  – частота вимушених коливань ножа, Гц;

$v_{власн.}$  – власна частота коливання ножа, Гц.

Таблиця 4.1

**Значення першої  $v_{власн.1}$  та другої  $v_{власн.2}$  власних частот коливань ножів**

Тип ножа	Власна частота $v_{власн.1}/v_{власн.2}$ , Гц			Тип ножа	Власна частота $v_{власн.1}/v_{власн.2}$ , Гц		
	Масштабний коефіцієнт $k$				Масштабний коефіцієнт $k$		
	42,9	60	85,7		42,9	60	85,7
I	97,0 /	69,6 /	48,9 /	IV	177,2 /	127,1 /	89,1 /
	241,0	172,8	121,3		469,2	337,5	237,2
II	134,4 /	96,4 /	67,7 /	V	186,0	133,3 /	93,5 /
	400,5	288,1	202,7		428,4	301,1	
III	170 /	121,9 /	85,6 /	VI	181,5 /	130,2 /	91,3 /
	460,4	330,9	232,5		500,5	359,9	252,9

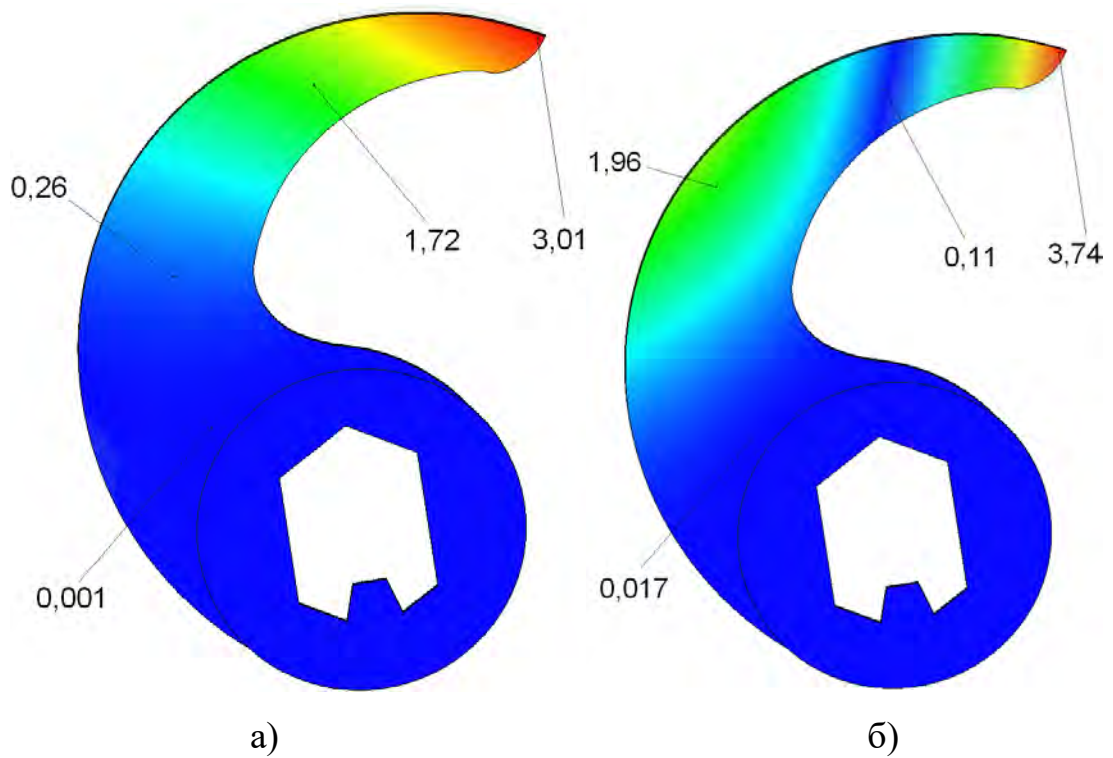


Рис. 4.13. Значення відносних переміщень ділянок ножа типу I при досягненні ним: а) – першої власної частоти коливання  $\nu_{\text{власн.1}}$ ; б) – другої власної частоти коливання  $\nu_{\text{власн.2}}$

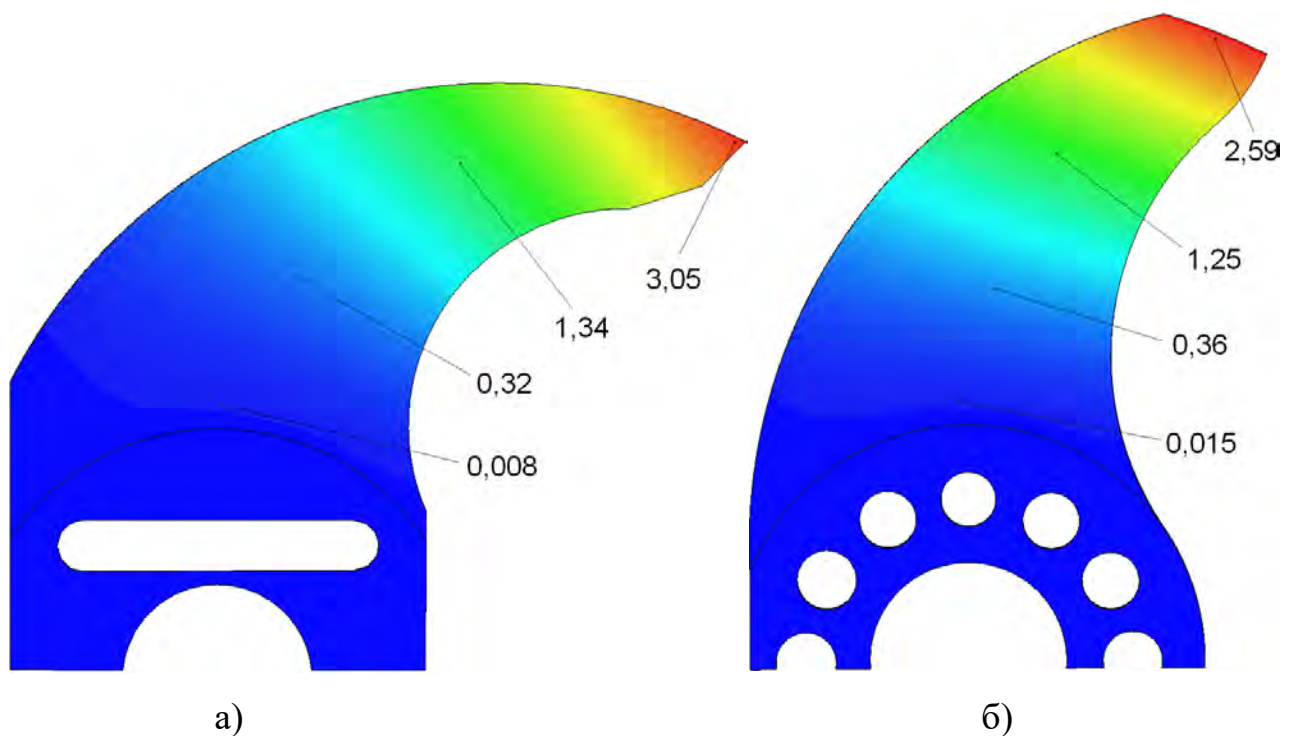


Рис. 4.14. Значення відносних переміщень ділянок ножів а) – ножа типу V при досягненні ним першої власної частоти коливання  $\nu_{\text{власн.1}}$ ; б) – ножа типу V I при досягненні ним першої власної частоти коливання  $\nu_{\text{власн.1}}$

Таблиця 4.2

## Значення коефіцієнтів рівняння регресії

Тип ножа	Значення коефіцієнтів			Тип ножа	Значення коефіцієнтів		
	a	b	c		a	b	c
I	213,665	-3,518	0,019	IV	390,166	-6,419	0,034
II	296,218	-4,880	0,026	V	410,421	-6,768	0,036
III	374,890	-6,180	0,033	VI	399,591	-6,573	0,035

Коефіцієнт динамічності  $\beta$  вказує наскільки амплітуда вимушених коливань більше за деформацію тіла під дією статичного навантаження. При наближенні частоти вимушених коливань  $\nu_{вим.}$  до частоти власних коливань  $\nu_{власн.}$  значення коефіцієнту динамічності стрімко  $\beta$  зростає, що вказує на різке збільшення деформацій ножа під дією вібраційного навантаження [96, 97, 104].

В свою чергу, відповідно до закону Гука, в межах пружного деформування напруження  $\sigma$ , що виникають в тілі, прямо пропорційні відносним деформаціям цього тіла. Таким чином напруження  $\sigma_{вibr.}$ , що виникають в тілі під дією вібраційного навантаження, в  $\beta$  разів більше за напруження  $\sigma_{стат.}$ , що виникають в тілі під дією статичного навантаження. Отже, значення коефіцієнту динамічності  $\beta$  дозволяє в кількісному вимірюванні визначити, наскільки зміниться напружений стан тіла при переході від статичного прикладання навантаження до вібраційного. З використанням даних таблиці 4.1 за виразом (4.6) був проведений розрахунок значень коефіцієнту динамічності  $\beta$  для найбільш широковживаних діапазонів частот обертання ножів в сучасних кутерах. Розраховані значення наведені в таблиці 3, при цьому вказані лише значення, що передують досягненню першої власної частоти коливання ножів  $\nu_{власн.1}$ .

Отримані дані (табл. 4.3) дозволили побудувати відповідні графічні залежності коефіцієнту динамічності  $\beta$  для ножів досліджуваних типів (приклади наведені на рис. 4.15, 4.16) з урахуванням різних значень масштабного коефіцієнту  $k$ . Значення резонансних частот коливання ножів ( $\nu_{власн.1}$ ) показані на рисунках пунктиром [104].



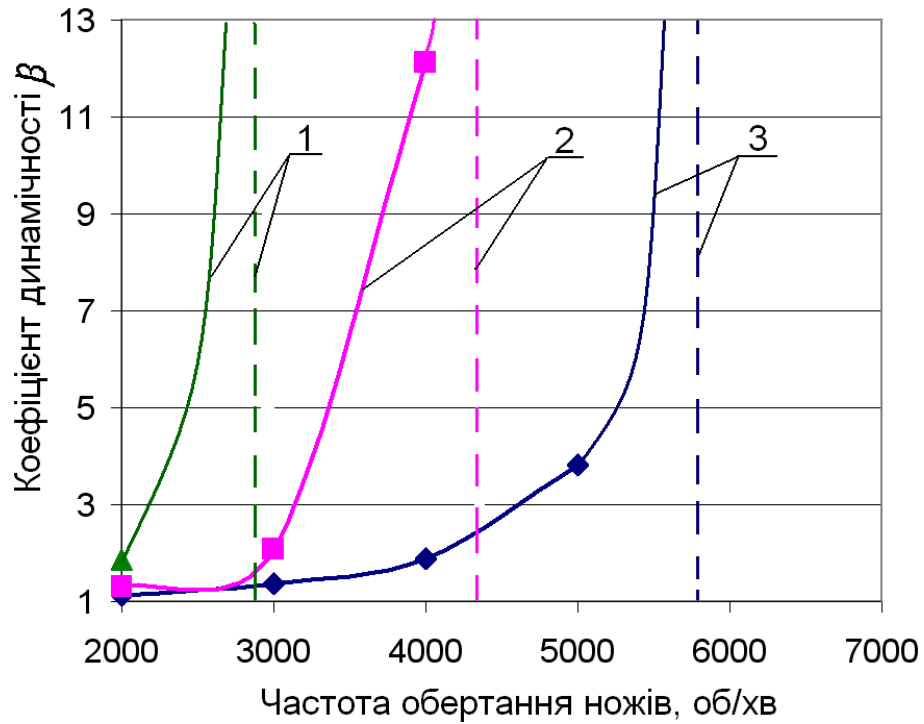


Рис. 4.15. Залежність коефіцієнту динамічності від частоти вимушених коливань ножа типу I при різних значеннях масштабного коефіцієнту:

1 –  $k=85,7$ ; 2 –  $k=60$ ; 3 –  $k=42,9$

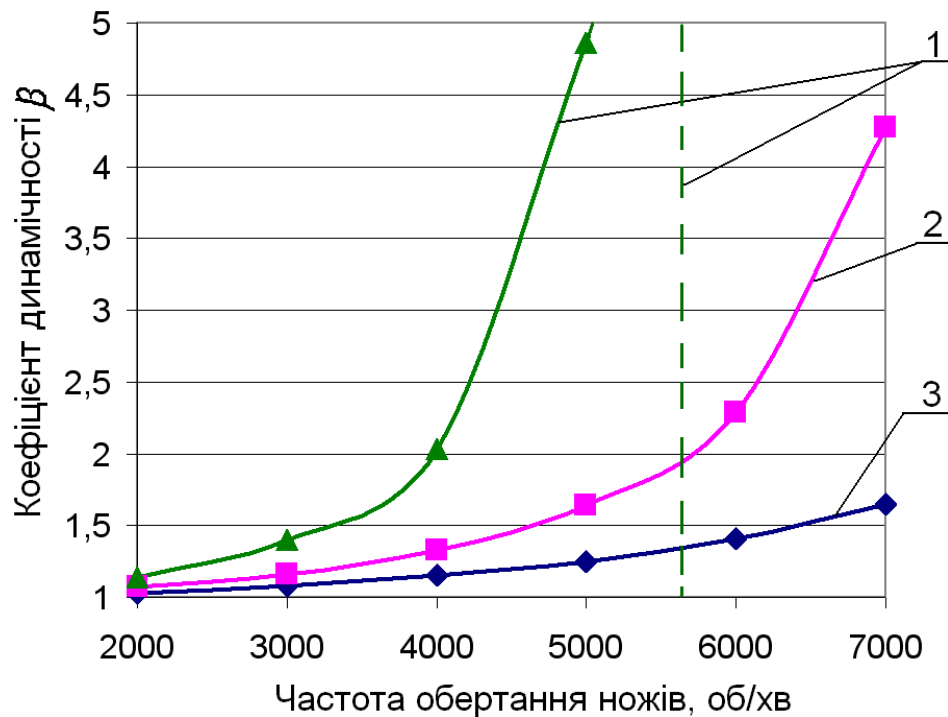


Рис. 4.16. Залежність коефіцієнту динамічності від частоти вимушених коливань ножа типу V при різних значеннях масштабного коефіцієнту:

1 –  $k=85,7$ ; 2 –  $k=60$ ; 3 –  $k=42,9$

Таблиця 4.3

Значення коефіцієнту динамічності  $\beta$ 

Частота обертання ножів $n_n$ , хв. <sup>-1</sup>	Тип ножа								
	I			II			III		
	Масштабний коефіцієнт $k$			Масштабний коефіцієнт $k$			Масштабний коефіцієнт $k$		
	42,9	60	85,7	42,9	60	85,7	42,9	60	85,7
2000	1,13	1,30	1,87	1,06	1,14	1,32	1,04	1,08	1,18
3000	1,36	2,07	-	1,16	1,37	2,20	1,09	1,20	1,52
4000	1,89	12,12	-	1,33	1,92	33,0	1,18	1,43	2,54
5000	3,82	-	-	1,62	3,96	-	1,32	1,88	19,14
6000	-	-	-	2,24	-	-	1,53	3,06	-
7000	-	-	-	4,06	-	-	1,89	11,9	-
Частота обертання ножів $n_n$ , хв. <sup>-1</sup>	Тип ножа								
	IV			V			VI		
	Масштабний коефіцієнт $k$			Масштабний коефіцієнт $k$			Масштабний коефіцієнт $k$		
	42,9	60	85,7	42,9	60	85,7	42,9	60	85,7
2000	1,04	1,07	1,16	1,03	1,07	1,14	1,03	1,07	1,15
3000	1,09	1,18	1,46	1,08	1,16	1,4	1,08	1,17	1,43
4000	1,16	1,38	2,27	1,15	1,33	2,03	1,16	1,35	2,14
5000	1,28	1,75	7,98	1,25	1,64	4,86	1,27	1,69	5,99
6000	1,47	2,62	-	1,41	2,29	-	1,44	2,44	-
7000	1,76	6,35	-	1,65	4,27	-	1,70	5,07	-

Як слідує з отриманих результатів [96, 97, 104], ножі всіх досліджених типів при використанні їх в сучасних високошвидкісних кутерах працюють в області частот коливань, наближених до резонансу. Для ножів усіх типів при виконанні їх мінімальної питомої товщини ( $k=85,7$ ) спостерігається явище резонансу в діапазоні робочих частот обертання ножових головок сучасних кутерів ( $<6300$  хв<sup>-1</sup>). Для

ножів типу I резонанс спостерігається для усіх значень масштабного коефіцієнту  $k$ , причому при  $k=85,7$   $v_{\text{власн.1min}}=2934$   $\text{хв}^{-1}$ . Найбільш жорсткими можна вважати ножі типу V, а також типу VI.

Звертає увагу на себе той факт, що для ножів типів II-VI навіть при виконанні їх максимальної питомої товщини ( $k=42,9$ ) спостерігається підвищення коефіцієнту динамічності в межах  $\beta=1,04-2,24$ , що викликає істотне підвищення деформацій і напружень, які можуть бути визначені для ножів за умов статичного навантаження.

На практиці це призводить до різкого збільшення напружень в зонах найбільшої їх концентрації, чим і можна пояснити поломку ножів в даних зонах відповідно до п. 4.1.

Отримані результати вказують на необхідність пошуку ефективних шляхів підвищення вібростійкості ножів кутера, які б дозволили підвищити їх міцність без погіршення технологічних властивостей.

### **4.3 Експериментальне та чисельне моделювання втомної витривалості ножів кутерів**

#### **4.3.1 Експериментальні дослідження впливу технологій обробки на втомну витривалість зразків сталі 65Г**

Експериментальне дослідження втомної міцності зразків, які виготовлені за технологією виготовлення ножів кутера, проводилось за методикою, наведеною в п. 2.3.1. Отримані результати представлені на рис. 4.17.

Проведено експериментальне дослідження втомної міцності зразків, які виготовлені за технологією виготовлення ножів кутера, а також зразків, зміцнених імпульсно-плазмовою обробкою та високочастотним механічним проковуванням. Як показали отримані результати, високочастотне механічне проковування дозволяє підвищити втомну міцність сталі 65Г до 2,5 разів. В той же час імпульсно-плазмове зміцнення призводить до зменшення втомної витривалості в 3-3,5 рази.

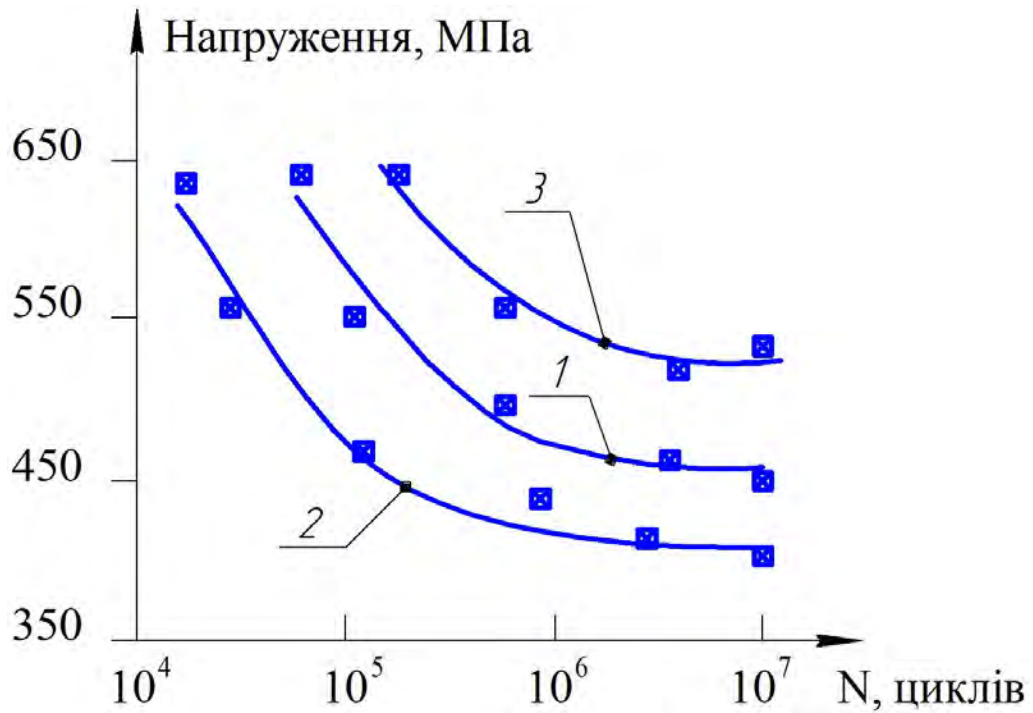
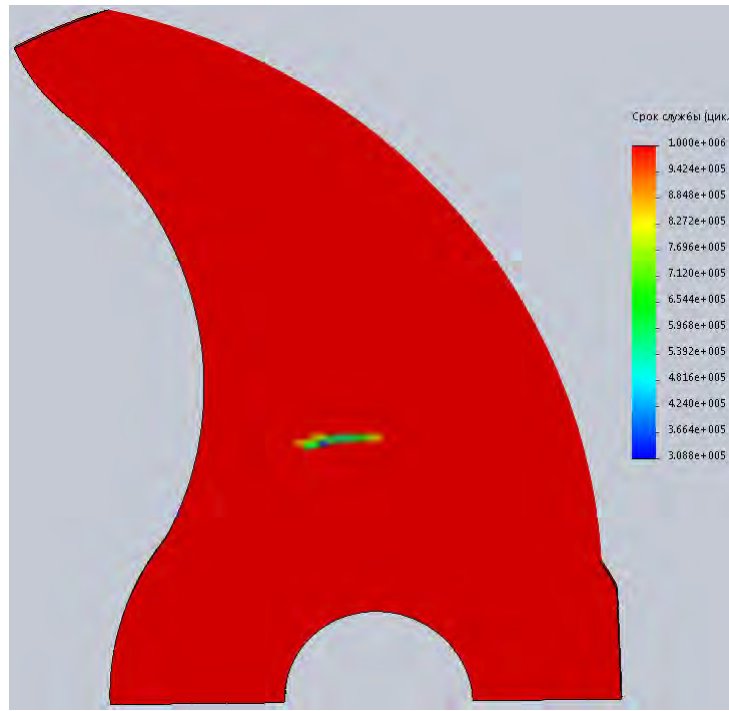


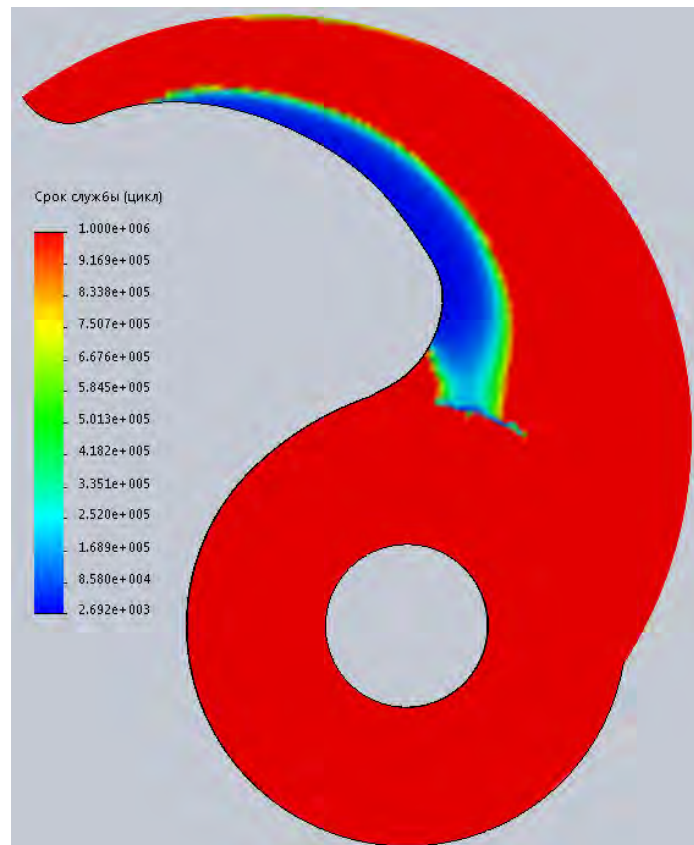
Рис. 4.17. Криві втоми зразків зі сталі 65Г: 1 – звичайний зразок; 2 – зміцнений імпульсно-плазмовою обробкою; 3 – зміцнений високочастотним механічним проковуванням

#### 4.3.2 Чисельне дослідження втомної витривалості ножів кутерів при знакозмінних навантаженнях

З метою вивчення впливу геометричної форми ножа кутера на його опір втомному руйнуванню і з метою вироблення рекомендацій щодо раціонального конструктивного виконання ножів, було проведено чисельне моделювання їх витривалості при знакозмінних навантаженнях (методику див. в п. 2.2.3). Результати наведено на рис. 4.18-4.20. Як слідує з отриманих результатів, геометрична форма суттєвим чином впливає на довговічність ножів кутера при знакозмінних навантаженнях.

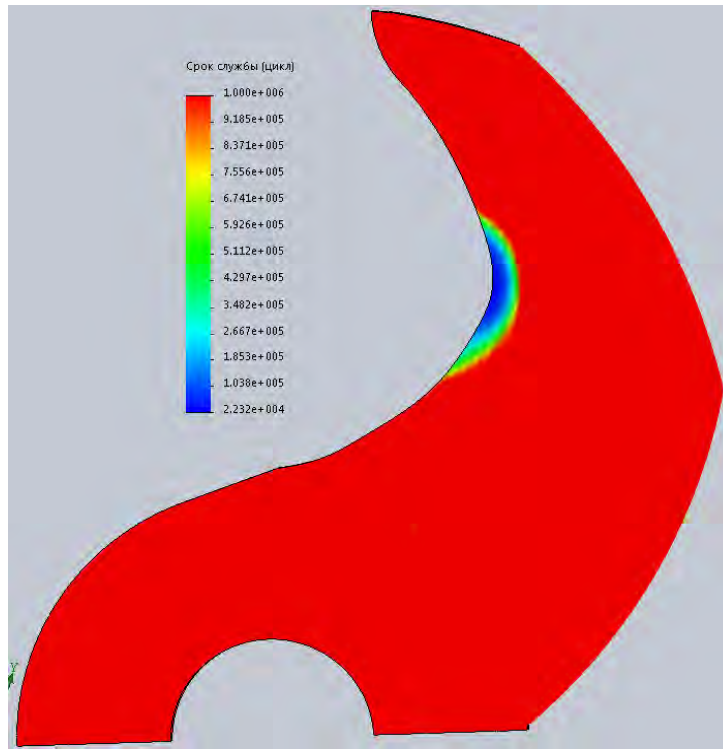


а)

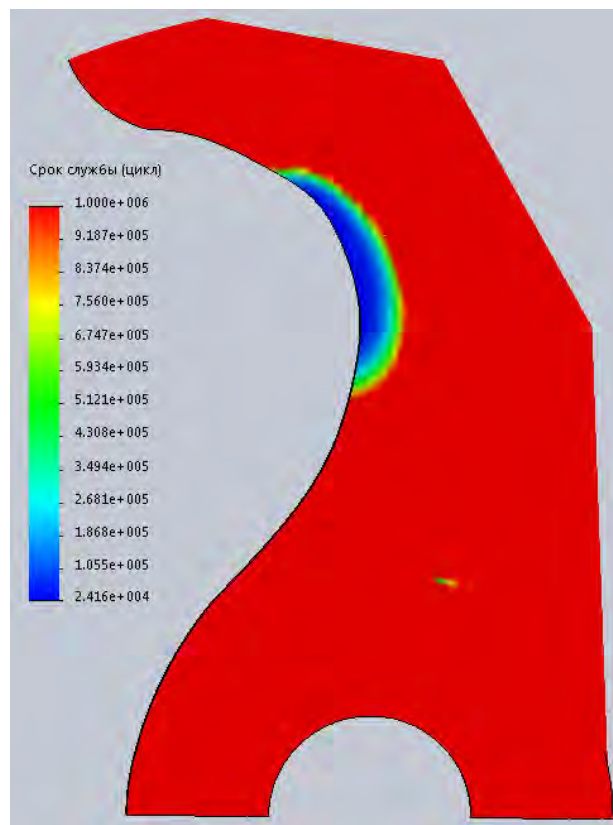


б)

Рис. 4.18. Результати чисельного моделювання довговічності ножів кутера при знакозмінних навантаженнях (кількість циклів навантаження до руйнування): а) - ніж марки Alpina; б) - ніж марки Seydelmann

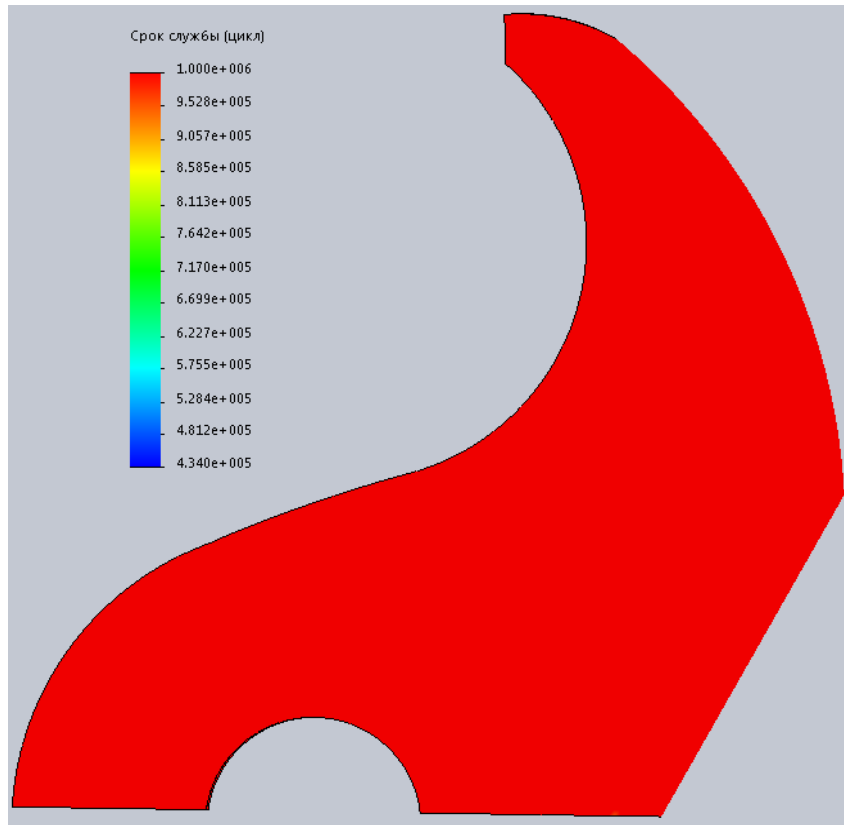


а)

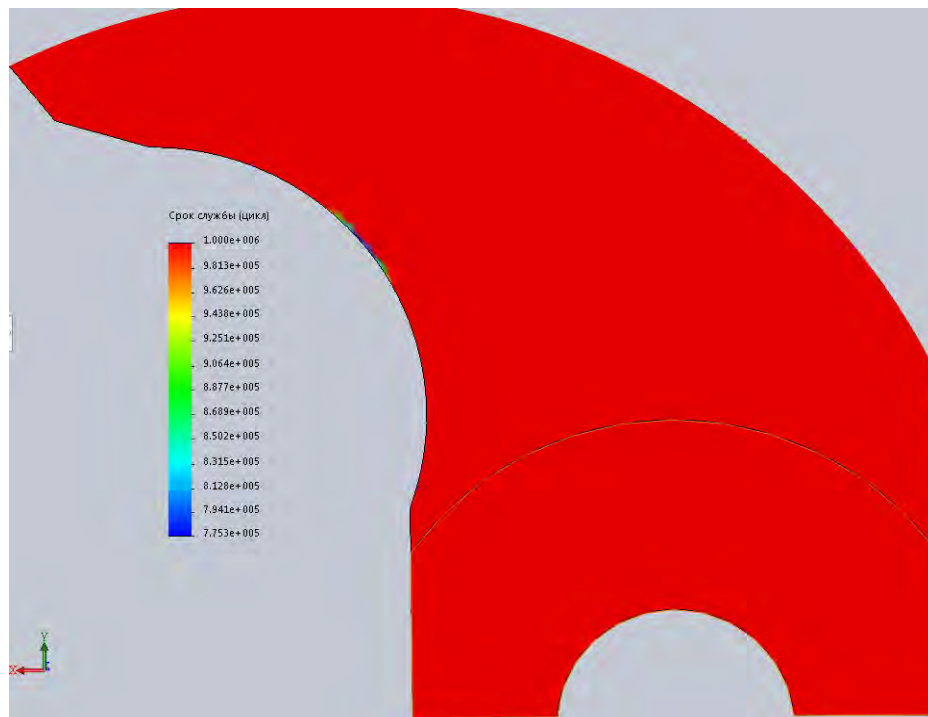


б)

Рис. 4.19. Результати чисельного моделювання довговічності ножів кутера при знакозмінних навантаженнях (кількість циклів навантаження до руйнування): а) - ніж марки Laska універсальний; б) - ніж марки Laska для сирокочених ковбас



а)



б)

Рис. 4.20. Результати чисельного моделювання довговічності ножів кутера при знакозмінних навантаженнях (кількість циклів навантаження до руйнування): а) - ніж марки Kilia; б) - ніж марки Л5-ФКБ

Найменші значення межі витривалості показали наступні ножі: Laska універсальний -  $2,2 \cdot 10^4$  циклів; Laska для сирокочених ковбас -  $2,2 \cdot 10^4$  циклів; Seydelmann -  $2,4 \cdot 10^4$  циклів. Ножі інших марок мають значно вищу витривалість: Alpina -  $4,2 \cdot 10^5$  циклів; Kilia -  $1 \cdot 10^6$  циклів і вище; Л5-ФКБ -  $1 \cdot 10^6$  циклів і вище. При цьому, в середньому, ножі сучасних кутерів до утилізації можуть напрацьовувати до  $2,3 \cdot 10^6$  циклів.

Таким чином, можна зробити висновок, що для забезпечення високої витривалості ножів при напрацюванні на втому доцільно виконувати корпус ножа підвищеної ширини та уникати наявності різких переходів геометрії задля усунення концентраторів напружень. Корисним буде підвищення товщини ножа в найбільш напружених ділянках його корпусу.

#### **4.4. Чисельне дослідження напружено-деформованого стану ножів вовчка**

Як показано в п. 1.4, актуальним є дослідження напружено-деформованого стану ножів м'ясорізного вовчка і пошук ефективного шляху підвищення міцності лез. Також актуальною є розробка нових конструкцій ножів, які володітимуть зменшеною собівартістю, високою міцністю та ефективністю роботи. Беручи до уваги достатню складність конструкцій ножів, поставлену задачу слід вирішити шляхом проведення чисельних експериментів.

Задля визначення напруженого стану відомих конструкцій ножів вовчка було застосоване [261] чисельне моделювання (методика наведена в п. 2.2.3).

Були створені 3D-моделі двох конструкцій ножів м'ясорізного вовчка [306]. Визначення напружень проводилось у найбільш характерних точках (рис. 4.21). Візуалізація отриманих під час моделювання результатів наведена на рис. 4.22. Результати розрахунків представлені в табл. 4.4.



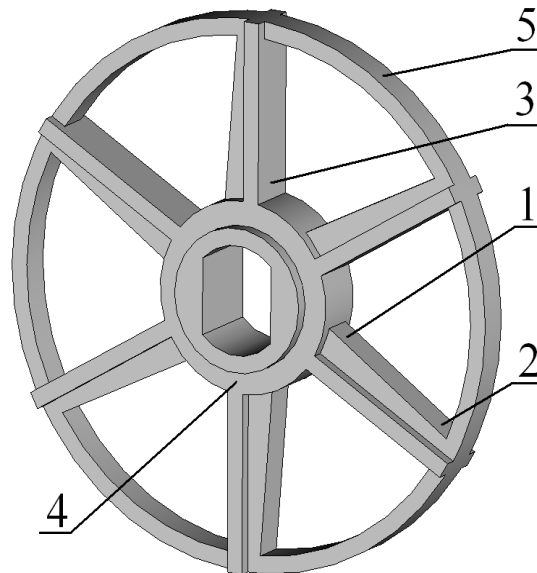


Рис. 4.21. Схема розташування точок вимірювання значень напружень та коефіцієнта запасу міцності відомих конструкцій ножів вовчка (показано на прикладі 6-лезового ножа із лезами зменшеної ширини та з силовим кільцем)

Як слідує з результатів чисельного моделювання [261], наявність силового кільця незначно впливає на підвищення міцності лез. Так, значення коефіцієнта запасу міцності в точках 1 і 3 підвищуються лише на 13 та 8%. Отже, на відміну від загальновідомих припущень, при однаковому навантаженні лез застосування в конструкції ножа лише силового кільця (без широкого опорного леза) не дозволяє суттєво підвищити міцність лез.

Даний факт можна пояснити тим, що на усі леза ножа діє однакове навантаження, внаслідок чого вони деформуються на однакову величину. Через це силове кільце прагне деформуватись навколо осі обертання ножа, що не дозволяє йому з максимальною ефективністю підвищувати міцність лез [261].

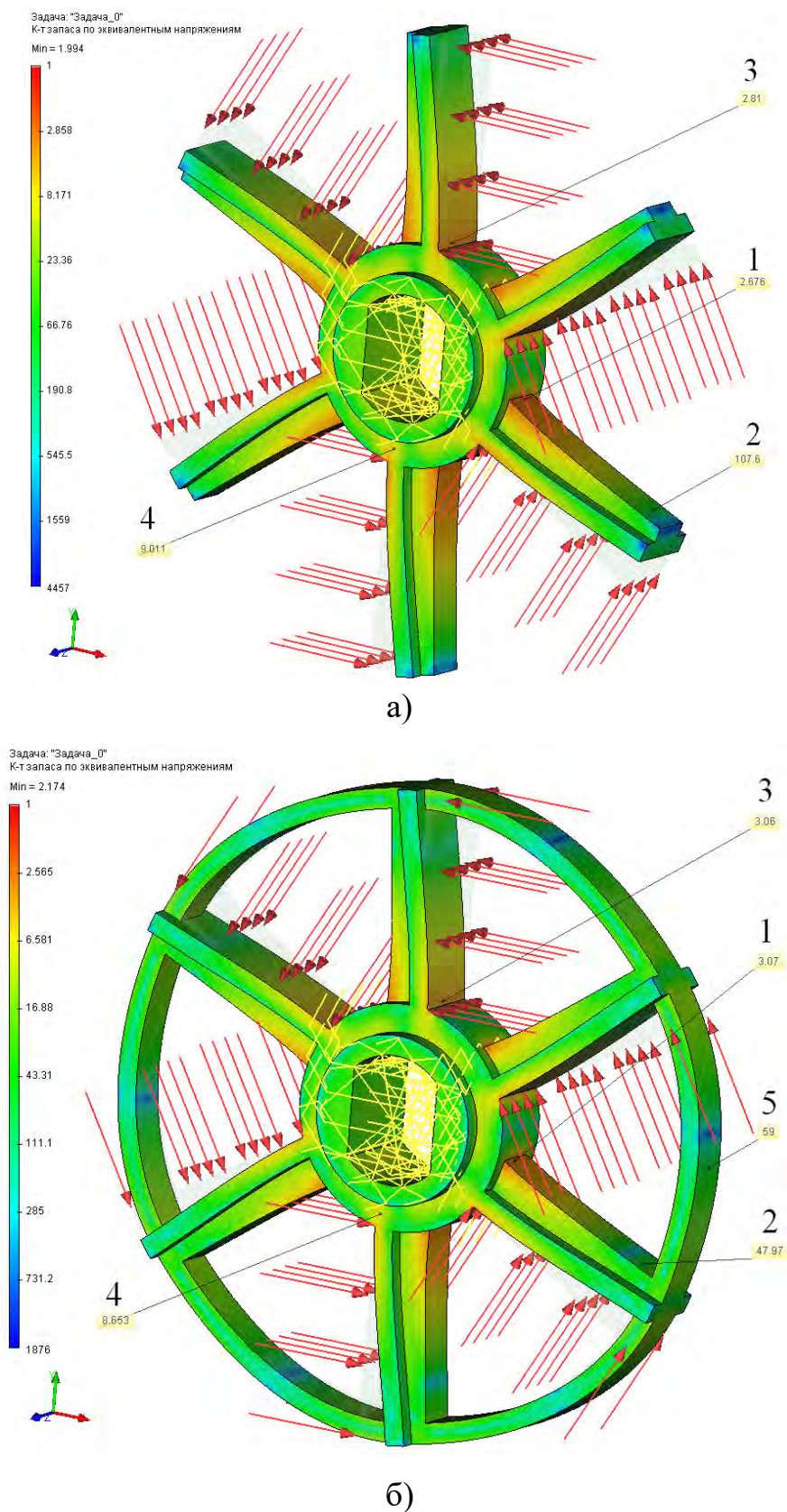


Рис. 4.22. Візуалізація результатів визначення коефіцієнта запасу міцності для: а) – для 6-лезового ножа з вузькими лезами; б) – 6-лезового ножа з вузькими лезами та силовим кільцем

Таблиця 4.4

**Напруження  $\sigma_{max}$  та коефіцієнт запасу міцності  $K_{з.м.}$  в характерних  
точках ножів стандартної конструкції**

№ точки ножа	Вид конструкції ножа			
	6-лезовий		6-лезовий з силовим кільцем	
	$\sigma_{max}$ , МПа	$K_{з.м.}$	$\sigma_{max}$ , МПа	$K_{з.м.}$
1	168,5	3,2	164,6	3,7
2	25,1	129,1	10,9	57,6
3	162,6	3,4	133,8	3,7
4	69,2	10,8	62,1	10,4
5	-	-	27,5	20,9

Отримані результати [261] знаходяться у повній відповідності із результатами досліджень гідродинаміки сировини при її подачі шнеком у межах певного сектора (див. п. 3.2).

Силове кільце в ножах саме тому істотно підвищує міцність лез, тому що одні леза беруть участь у процесі різання, а інші ні. Тобто, навантаження, що сприймається лезами, які приймають участь в подрібненні, через силове кільце спрямовується на леза, які в процесі подрібнення участі не беруть [261].

## 4.5 Чисельні дослідження напружено-деформованого стану перфорованих решіток

### 4.5.1 Напружено-деформований стан решіток вовчка

Було досліджено напружено-деформований стан решіток вовчка відомої будови за допомогою чисельного моделювання (методику див. в п. 2.2.3). Використовувалась решітка зовнішнім діаметром 180 мм з отворами діаметром 5 мм.

Результати досліджень наведені на рис. 4.23. Візуалізація результатів досліджень для часткового випадку наведена на рис. 4.24. Рівняння регресії, яке описує залежність напружень решітці від її товщини має вигляд:

$$y = 34,05 - 1,5 \cdot x \quad (4.8)$$

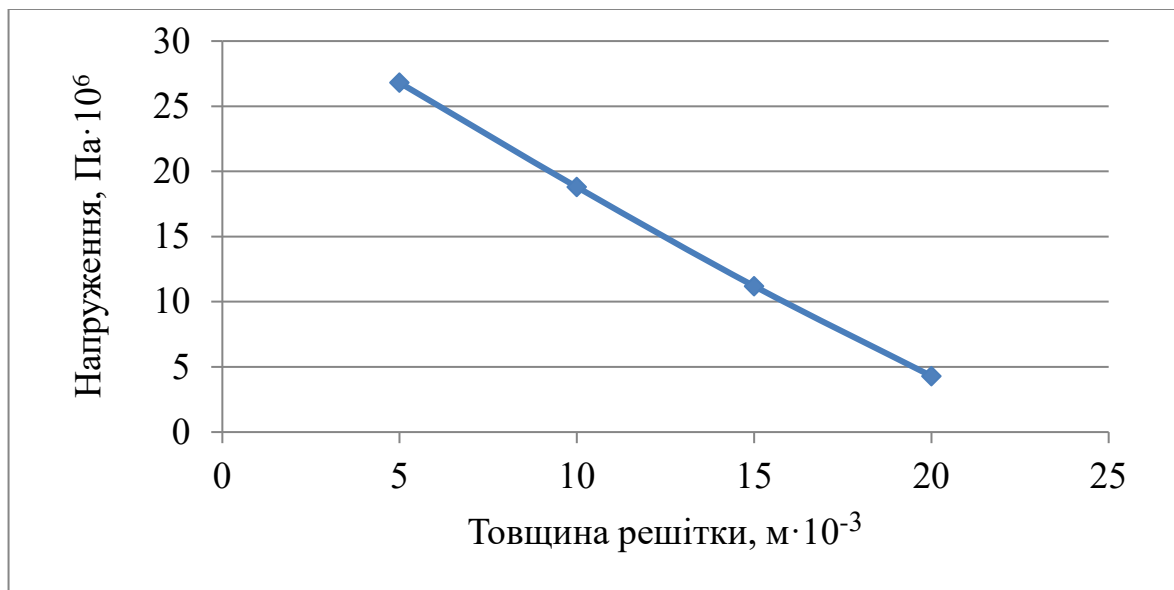
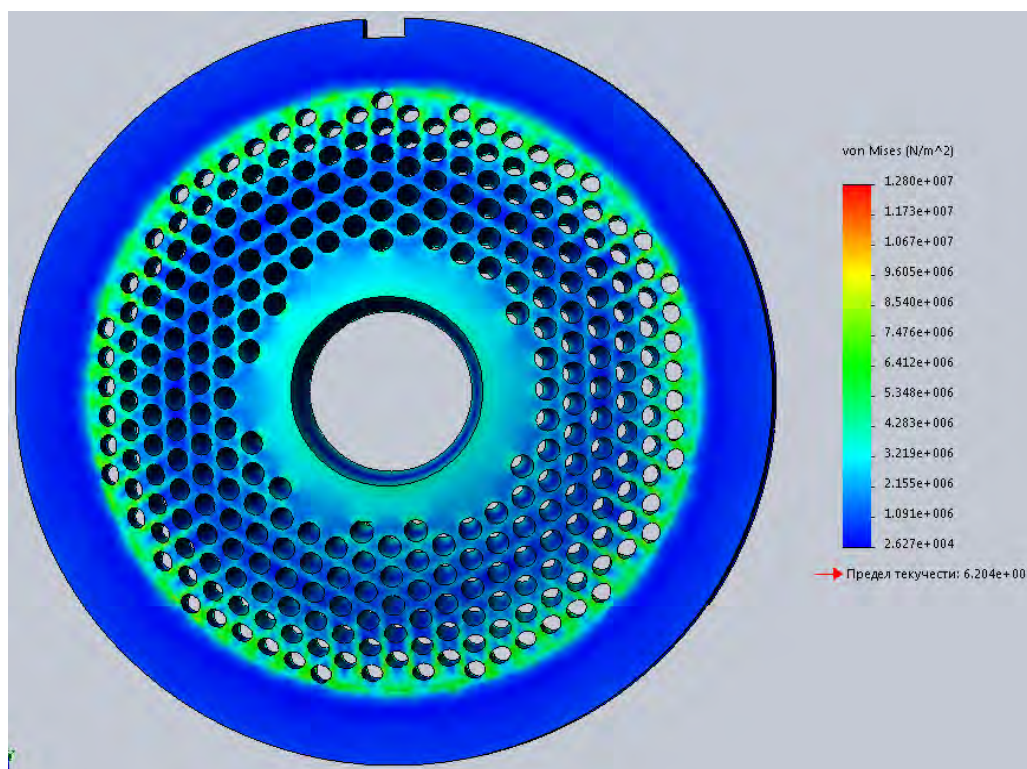
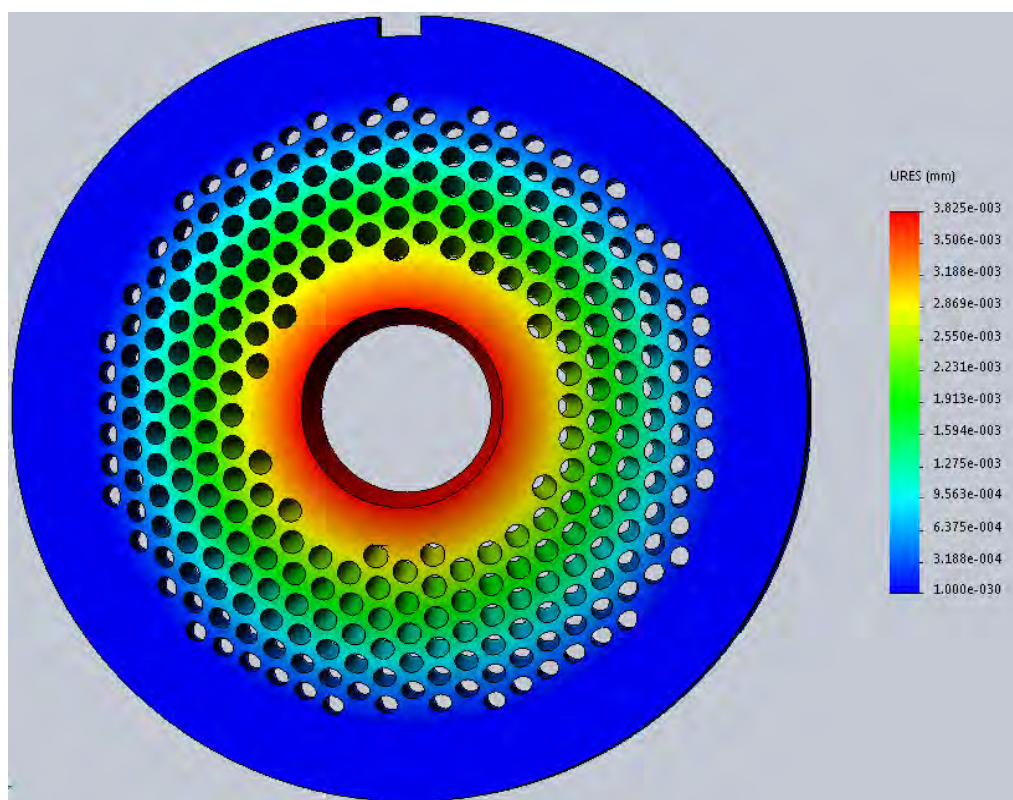


Рис. 4.23. Результати визначення напружень в решітках залежно від їх товщини

Як слідує з отриманих даних, залежність напружень в решітках від їх товщини носить лінійний характер. Для усіх решіток забезпечено вимогу їх міцності під дією робочих навантажень.



а)



б)

Рис. 4.24. Візуалізація напружено-деформованого стану решітки вовчка із зовнішнім діаметром 180 мм: а) - напруження, Па·10<sup>6</sup>; б) - деформація, м·10<sup>-3</sup>

Однак значний практичний інтерес представляють собою результати визначення деформацій решіток. Згідно них, виконувати решітку товщиною менше 10,2 мм недоцільно, оскільки в такому разі максимальний прогин перфорованої частини буде більшим за 0,02 мм, чим значно погіршаться умови подрібнення сировини [263].

Звичний шлях зменшення ГО отворів решітки не дозволяє досягти прийняттого результату, оскільки при зменшенні товщині решітки пропорційно зменшується її жорсткість та міцність. Актуальним є пошук нових конструктивних форм решіток вовчка, здатних поєднати високу жорсткість і міцність з малим ГО отворів.

#### **4.5.2 Напружено-деформований стан решіток емульситатора**

Напружено-деформований стан решіток емульситатора досліджувався [270] шляхом чисельного моделювання (методику див. в п. 2.2.3). При розрахунку решіток на міцність та жорсткість було використано такі дані.

3D-модель решітки емульситатору Karl Schnell FD 175 із зовнішнім діаметром 175 мм та робочими отворами діаметром 1,0 мм. Товщина перфорованої частини решітки складала 2 мм, елементів жорсткості – 5 мм. В якості матеріалу решітки було обрано сталь леговану з межею міцності на розрив 400 МПа. Прикладене навантаження складало 0,3 МПа. Візуалізацію отриманих результатів наведено на рис. 4.25.

Отримані в ході чисельного експерименту [270] значення напружень склали 309,2 МПа, коефіцієнту запасу міцності – 1,29.

Як видно з рис. 4.25, найбільш напруженими ділянками решітки є місця кріплення ребер жорсткості до зовнішнього кільця жорсткості. Це, згідно теорії опору матеріалів, пояснюється деформацією згинання ребер жорсткості при деформації решітки під дією прикладеного навантаження [270].

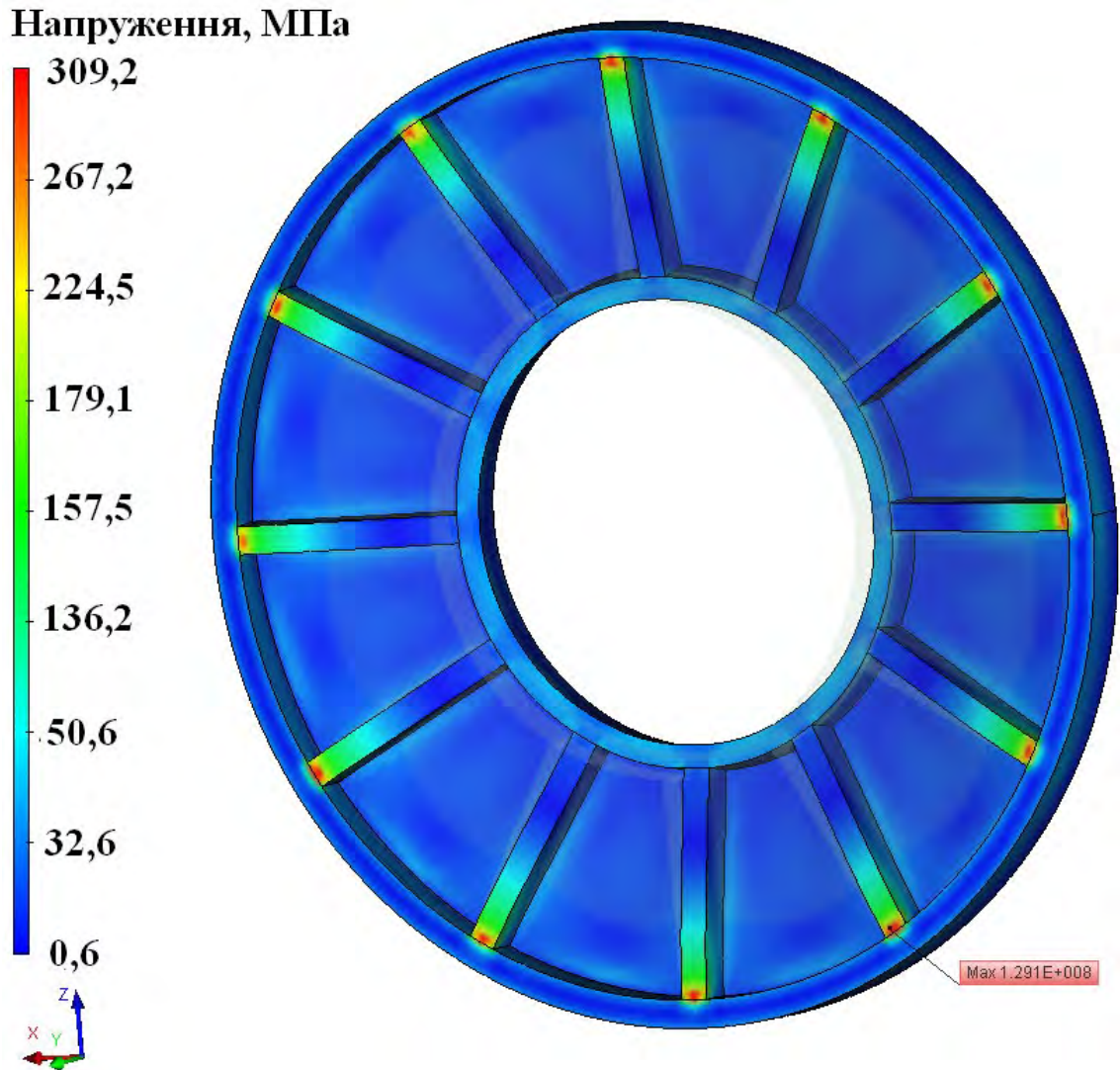


Рис. 4.25. Візуалізація напружено-деформованого стану решітки емульсатора Karl Schnell FD 175 з радіальними ребрами жорсткості (напруження,  $\text{Па} \cdot 10^6$ )

З врахуванням цього бажано проектувати решітки емульсатора з елементами жорсткості, які працюватимуть на стискання чи на розтяг, що, як відомо, є більш раціональним ніж використання елементів, які працюють на згинання [270].

## 4.6 Експериментальні дослідження параметрів зношування робочих органів вовчка

### 4.6.1 Зношування різального інструменту

Проведено комплексні експериментальні дослідження із визначення величини зношування різальних кромок ножів і решіток вовчка (за методиками, наведеними в п. 2.3.3).

В таблиці 4.5 наведені величини радіусу закруглення різальних кромок  $\rho$  різних різальних елементів пристрою (рис. 2.22) після 10 годин напрацювання. Також вказано збільшення радіусу заокруглення різальних кромок  $k_{проц}$  поперечних різальних елементів по відношенню до радіусу заокруглення різальних кромок однойменних фронтальних різальних елементів.

Таблиця 4.5

#### Величина зношування різальних кромок різальних елементів

Найменування різального елемента	Радіус заокруглення різальної кромки $\rho$ , $\cdot 10^{-6}$ м	Збільшення радіусу заокруглення різальних кромок $k_{проц}$ , разів
поперечне лезо з кутом загострення $\alpha=40^\circ$	62,47	-
поперечне лезо з кутом загострення $\alpha=60^\circ$	56,16	-
поперечне лезо з кутом загострення $\alpha=90^\circ$	48,28	-
фронтальне лезо з кутом загострення $\alpha=40^\circ$	44,94	1,39
фронтальне лезо з кутом загострення $\alpha=60^\circ$	40,69	1,38
фронтальне лезо з кутом загострення $\alpha=90^\circ$	34,48	1,4



Різальні кромки поперечних різальних елементів пристрою зношувались за рахунок двох чинників - процесу різання разом із лезами ножа та осьового руху сировини при її подачі шнеком вовчка. Різальні кромки фронтальних різальних елементів зношувались лише за рахунок осьового руху сировини при її подачі шнеком вовчка.

Як слідує з даних таблиці 4.5, одним із суттєвих чинників зношування різальних крайків лез ножів та отворів решіток є осьова подача м'ясної сировини шнеком вовчка. Даний чинник обумовлює близько 40% загальної величини зношування і затуплення різальних крайків ножів та решіток.

Отримані результати розширюють уявлення про механізми зношування різальних крайків лез ножів та отворів решіток і створюють передумови для пошуку нових шляхів підвищення зносостійкості різального інструменту вовчків конструктивними методами.

#### **4.6.2 Зношування робочого циліндру**

В процесі проведення досліджень визначалися величини зношування ребер робочих циліндрів вовчків МП-160 та VVS-180.

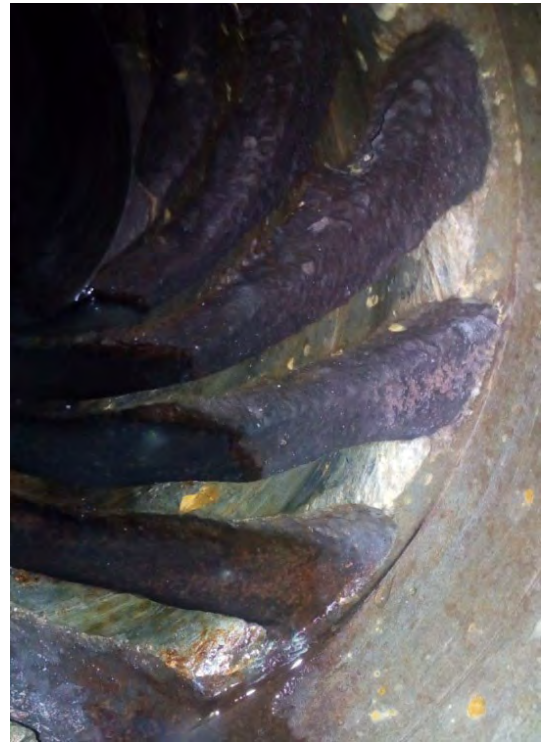
Загальний вигляд зношених ребер циліндрів вовчків показані на рис. 4.26, 4.27. На представлених фото видно ділянки інтенсивного зношування ребер на виході з робочого циліндру. Ребра мають максимальне зношування в нижній частині циліндру. Стан поверхні зношених ребер вказує на механічний характер зношування через контакт із достатньо твердим тілом.

Аналіз умов роботи вовчка показав, що основним фактором, що обумовлює даний вид зношування є тертя шнеку по робочому циліндру при встановленні та знятті шнеку під час кожної робочої зміни.

Схема вимірювання кута  $\alpha$  при визначенні величини зношування ребер робочого циліндру наведена на рис. 4.28. Результати визначення зношування ребер циліндру вовчка МП-160 наведені на рис. 4.6.4.



а)



б)

Рис. 4.26. Внутрішня поверхня робочого циліндру вовчка МП-160: а) – зовнішній вигляд робочого циліндру; б) – зовнішній вигляд зношених ділянок ребер циліндру



а)



б)

Рис. 4.27. Внутрішня поверхня робочого циліндру вовчка VV-180: а) – зовнішній вигляд робочого циліндру; б) – зовнішній вигляд зношених ділянок ребер циліндру

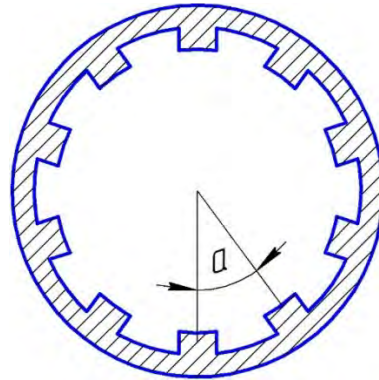


Рис. 4.28. Схема вимірювання кута  $\alpha$  при визначенні величини зношування ребер робочого циліндру вовчка

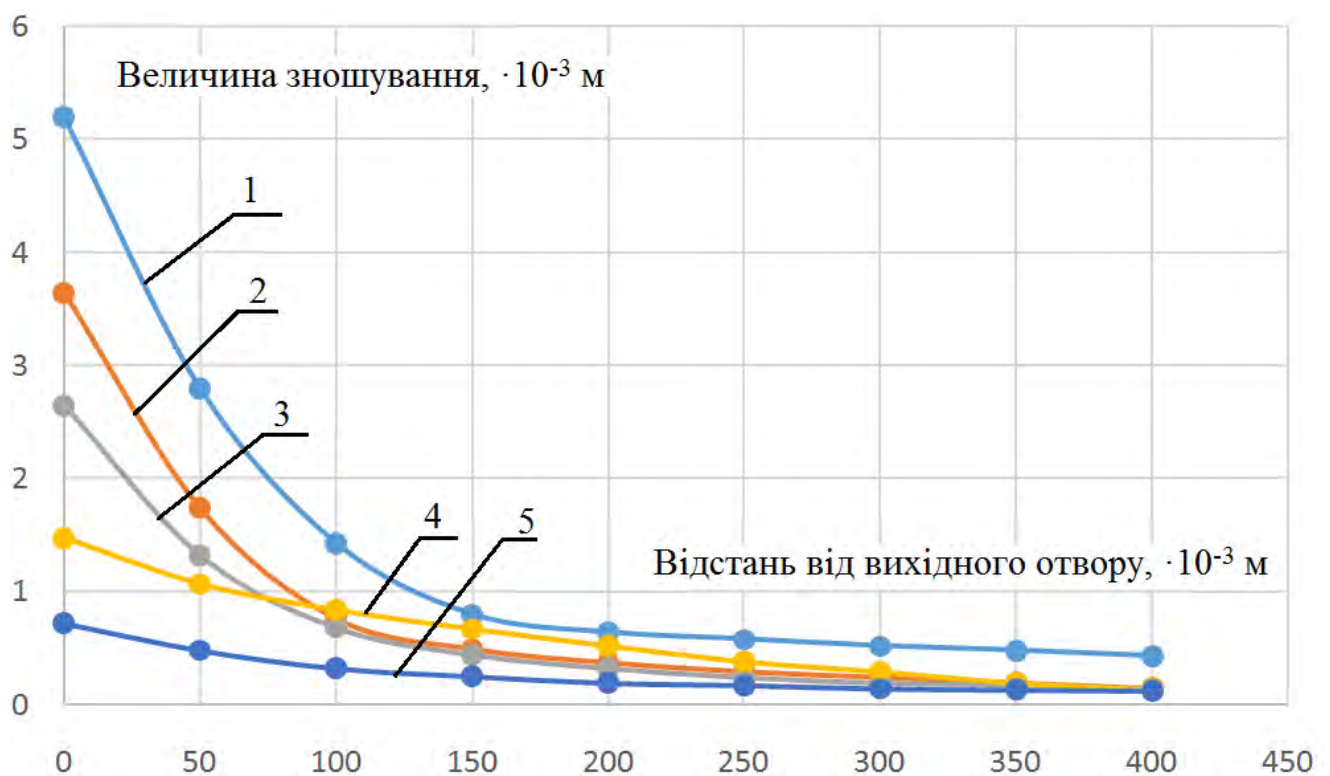


Рис. 4.29. Величина зношування ребер циліндра вовчка МП-160 при різних значеннях кута  $\alpha$ : 1 -  $\alpha=0^\circ$ ; 2 -  $\alpha=45^\circ$ ; 3 -  $\alpha=90^\circ$ ; 4 -  $\alpha=135^\circ$ ; 5 -  $\alpha=180^\circ$

Результати визначення зношування ребер циліндру вовчка VVS-180 наведені на рис. 4.30.

Отримані криві були апроксимовані методом найменших квадратів функцією виду:

$$y = a \cdot e^{b \cdot x} \quad (4.17)$$

де  $a$ ,  $b$  - коефіцієнти;

для вовчка МП-160: при  $\alpha=0^\circ$   $a=5,141$ ,  $b=-0,012$ ; при  $\alpha=45^\circ$   $a=3,603$ ,  $b=-0,014$ ; при  $\alpha=90^\circ$   $a=2,592$ ,  $b=-0,012$ ; при  $\alpha=135^\circ$   $a=1,462$ ,  $b=-0,005$ ; при  $\alpha=180^\circ$   $a=0,677$ ,  $b=-0,006$ );

для вовчка VVS-180: при  $\alpha=0^\circ$   $a=6,245$ ,  $b=-0,012$ ; при  $\alpha=45^\circ$   $a=4,167$ ,  $b=-0,014$ ; при  $\alpha=90^\circ$   $a=2,796$ ,  $b=-0,011$ ; при  $\alpha=135^\circ$   $a=1,522$ ,  $b=-0,007$ ; при  $\alpha=180^\circ$   $a=0,795$ ,  $b=-0,006$ ).

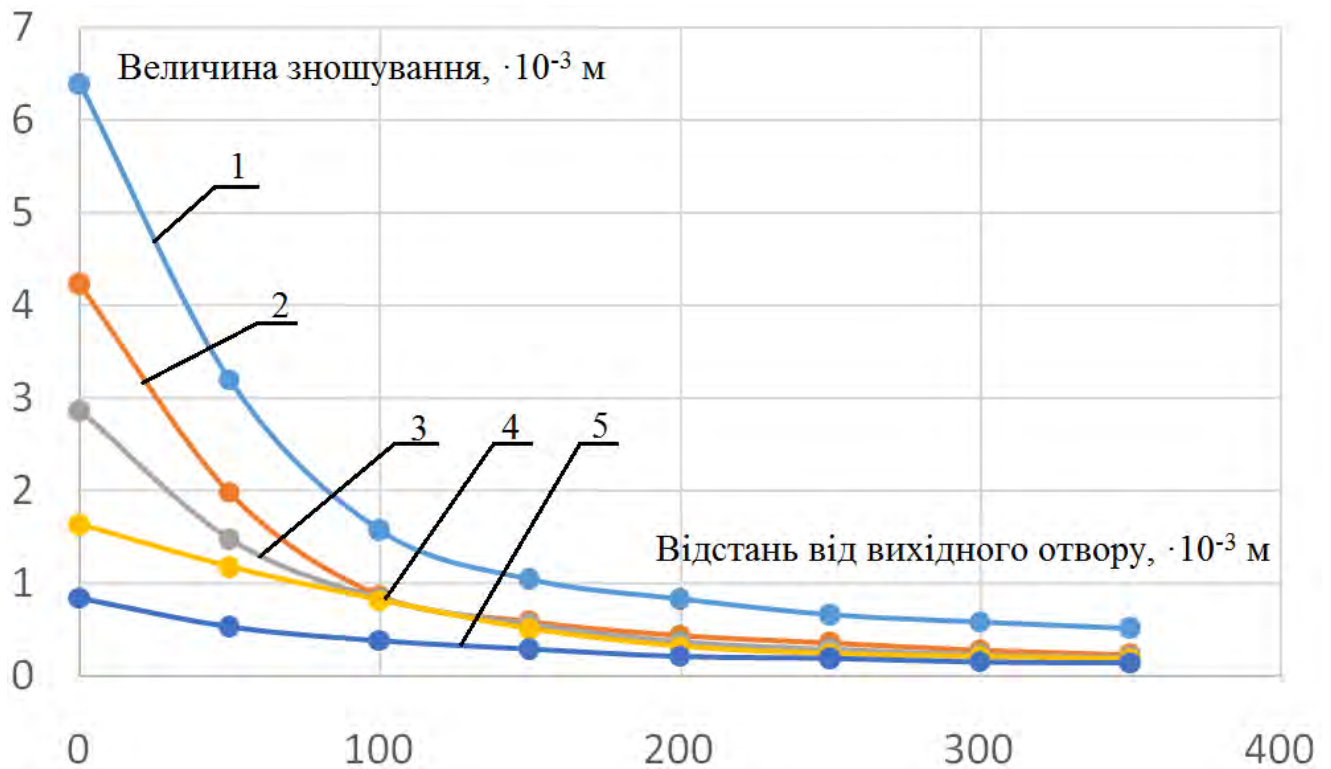


Рис. 4.30. Величина зношування ребер циліндра вовчка VVS-180 при різних значеннях кута  $\alpha$ : 1 -  $\alpha=0^\circ$ ; 2 -  $\alpha=45^\circ$ ; 3 -  $\alpha=90^\circ$ ; 4 -  $\alpha=135^\circ$ ; 5 -  $\alpha=180^\circ$

Таким чином встановлено, що зношування робочого циліндру вовчка є суттєво неоднорідним як в коловому напрямку так і в осьовому.

Однією з причин істотного зношування циліндру є тертя об шнек на початку та в кінці кожної робочої зміни при встановленні та знятті шнеку.

З метою покращення параметричної надійності вовчків доцільно розробити технічне рішення, яке б запобігало або, щонайменше, могло б суттєво мінімізувати даний вид зношування.

#### 4.7 Зношування різального інструменту емульсатора

Дослідження зносостійкості лез ножів та отворів решіток емульсаторів у виробничих умовах дозволило встановити, що величини їх зношування збільшуються квадратично зі збільшенням радіусу розташування точки вимірювання (рис. 4.31). Пояснюється це одночасним збільшенням як швидкості руху лез ножа, так і більшим їх шляхом різання по отворах решітки зі збільшенням радіусу точки вимірювання.

Зважаючи на високу вартість решіток емульсатора та лез ножів доцільним є пошук шляхів підвищення їх зносостійкості технологічними методами.

Рівняння регресії, яке описує залежність напружень радіусу заокруглення різальних кромek решітки і ножа від радіусу розташування точки вимірювання має наступний вигляд:

$$y = a + b \cdot x + c \cdot x^2 \quad (4.17)$$

де  $a, b$  - коефіцієнти (для решітки  $a=67,2$ ,  $b=-0,9$ ,  $c=0,01$ ;  
для ножа  $a=89,82$ ,  $b=-2,45$ ,  $c=0,02$ ).

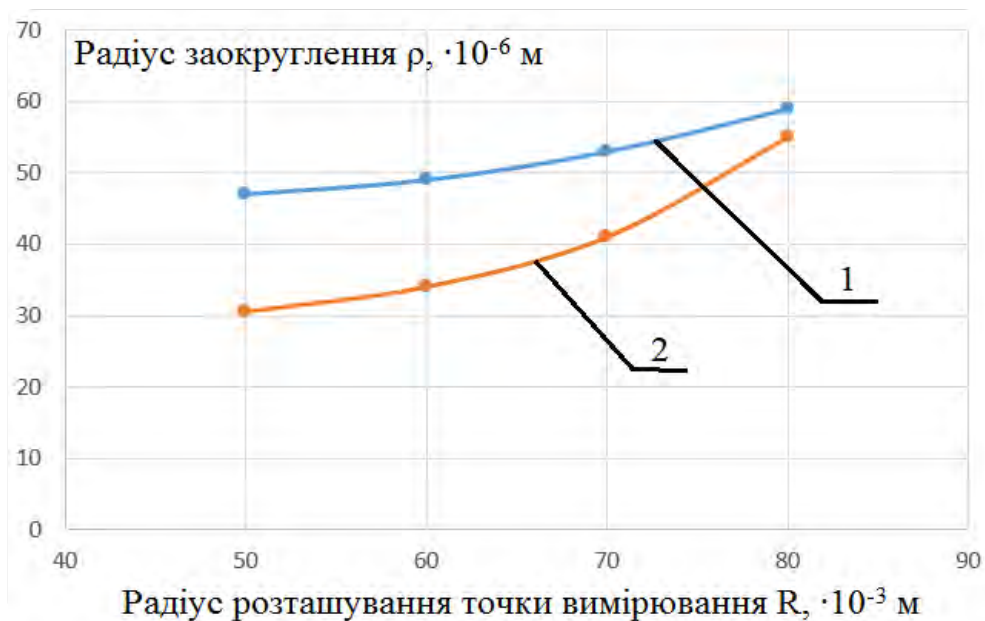


Рис. 4.31. Величина зношування різальних крайків різального інструменту емульсатора: 1 – решітки; 2 - лез ножа

## 4.8 Висновки за розділом 4

За результатами проведених досліджень можна зробити наступні висновки.

1. Виконано детальний аналіз комплексу причин та наслідків руйнування ножів кутерів. Дана порівняльна оцінка конструктивних та технологічних характеристик найбільш поширених типів ножів вітчизняних та зарубіжних виробників. Обґрунтовано актуальність завдання подальшого підвищення їх статичної, динамічної та втомної міцності.

2. Чисельним моделюванням встановлено значення тисків, які діють на ножі кутера за різних умов їх роботи. Виявлено закономірності впливу кута загострення леза, швидкості різання та динамічної в'язкості сировини на тиск, який діє на поверхню леза ножа. Отримані результати дозволяють врахувати вплив конструктивних і технологічних факторів процесу на силове навантаження на ніж і, відповідно, підвищити точність розрахунку ножів на міцність та межу втомної витривалості.

3. Шляхом математичного моделювання із використанням чисельних методів встановлено, що ножі кутера всіх досліджених типів при використанні їх в сучасних високошвидкісних машинах працюють в області частот коливань, наближених до резонансних. Виявлено вплив конструктивних параметрів ножів на їх резонансні частоти. Отримано кількісні характеристики впливу вібраційних навантажень на напружено-деформований стан ножів. Результати досліджень дозволяють підвищити ефективність пошуку шляхів покращення вібростійкості ножів кутера, при модернізації існуючого та проектуванні нового обладнання.

4. Проведено комплекс натурних та чисельних експериментів по виявленню вагомості впливу конструктивних та технологічних факторів на втомну міцність ножів кутера. Виявлено закономірності впливу технологій зміцнення матеріалу та геометричних характеристик ножів на межу їх втомної витривалості. Запропоновано комплекс рекомендацій, для забезпечення підвищення втомної міцності ножів.

5. На основі результатів чисельних експериментів доведено, що на відміну від відомих припущень, при рівномірному навантаженні лез ножа м'ясорізального вовчка використання в конструкції лише силового кільця (без опорного леза) не приводить до суттєвого підвищення міцності лез. Отримані результати знаходяться у повній відповідності із результатами досліджень гідродинаміки сировини при її подачі шнеком у межах певної зони. Силове кільце в ножах саме тому істотно підвищує міцність лез, тому що одні леза беруть участь у процесі різання, а інші фактично ні. Таким чином, зусилля від лез, що беруть участь у різанні, передаються через силове кільце на ті леза, які не беруть участі у різанні.

6. В результаті серії чисельних експериментів виявлено, що залежність напружень в решітках вовчків від їх товщини носить лінійний характер. В усіх досліджених решітках забезпечувалася умова не перевищення допустимих напруг під дією робочих навантажень. Однак за величинами деформацій виконувати решітку товщиною менше 10,2 мм недоцільно, оскільки в такому разі максимальний прогин перфорованої частини буде більшим за 0,02 мм, чим значно погіршаться умови подрібнення сировини.

8. Чисельні дослідження напружено-деформовано стану решіток емульсатора з радіальними ребрами жорсткості дозволили встановити, що максимальні значення напружень для них склали 309,2 МПа при коефіцієнті запасу міцності 1,29. Найбільш напруженими ділянками решітки є місця кріплення ребер жорсткості до зовнішнього кільця жорсткості. Це, згідно теорії опору матеріалів, пояснюється деформацією згинання ребер жорсткості при деформації решітки під дією прикладеного навантаження. З врахуванням цього бажано проектувати решітки емульсатора з елементами жорсткості, які працюватимуть на стискання чи на розтяг, що, як відомо, є більш раціональним ніж використання елементів, які працюють на згинання.

9. На основі результатів натурних експериментів встановлено, що одним із суттєвих факторів зношування різальних крайків лез ножів та отворів решіток є осьова подача м'ясної сировини шнеком вовчка. Даний фактор обумовлює близько 40% загальної величини зношування і затуплення різальних крайків ножів та

решіток. Отримані результати розширюють уявлення про механізми зношування різальних крайків лез ножів та отворів решіток і створюють передумови для пошуку нових шляхів підвищення зносостійкості різального інструменту вовчків конструктивними методами.

10. Експериментальним шляхом встановлено закономірності зношування робочого циліндру вовчка, яке є суттєво неоднорідним як в коловому так і в осьовому напрямках. Однією з причин істотного зношування циліндру є тертя об шнек на початку та в кінці кожної робочої зміни при встановленні та знятті шнеку. З метою покращення параметричної надійності вовчків необхідно розробити технічне рішення, яке б запобігало або, щонайменше, могло б суттєво мінімізувати даний вид зношування.

11. Дослідження зносостійкості лез ножів та отворів решіток емульсаторів у виробничих умовах дозволило встановити, що величини їх зношування збільшується квадратично зі збільшенням радіусу розташування точки вимірювання. Пояснюється це одночасним збільшенням як швидкості руху лез ножа, так і більшим їх шляхом тертя по решітці зі збільшенням радіусу точки вимірювання. Зважаючи на високу вартість решіток та лез ножів актуальним є пошук шляхів підвищення їх зносостійкості технологічними методами.



## **РОЗДІЛ 5**

### **ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ КОНЦЕПЦІЇ ВДОСКОНАЛЕННЯ КУТЕРІВ, ВОВЧКІВ І ЕМУЛЬСИТАТОРІВ**

#### **5.1 Параметри процесів подачі сировини, її подрібнення та силового навантаження робочих органів машин, які потребують більш високого рівня узгодження**

Отримані результати наукових досліджень (див. розділи 3, 4) дозволили уточнити відомі та встановити нові системні зв'язки між конструктивними та кінематичними характеристиками вузлів обладнання, структурно-механічними характеристиками сировини і параметрами гідравлічних процесів подачі та механічних процесів подрібнення, виявити як закономірності взаємовпливу даних процесів так і їх вплив напружено-деформований стан, зношування та втомну витривалість робочих органів.

Спираючись на аналіз отриманого масиву наукової інформації та розроблені методологічні засади вдосконалення машин для подрібнення м'ясної сировини (див. розділ 2), встановлено взаємозв'язки між параметрами гідравлічних процесів подачі і механічних процесів подрібнення та конструктивними і кінематичними характеристиками вузлів обладнання, які потребують більш високого рівня узгодження шляхом вдосконалення конструкції та кінематичних параметрів машин для подрібнення м'ясної сировини. Розглянемо питання детальніше.

**Проблеми неефективного узгодження гідравлічних процесів подачі і механічних процесів подрібнення та особливості їх впливу на напружено-деформований стан робочих органів в кутерах (рис. 5.1).**

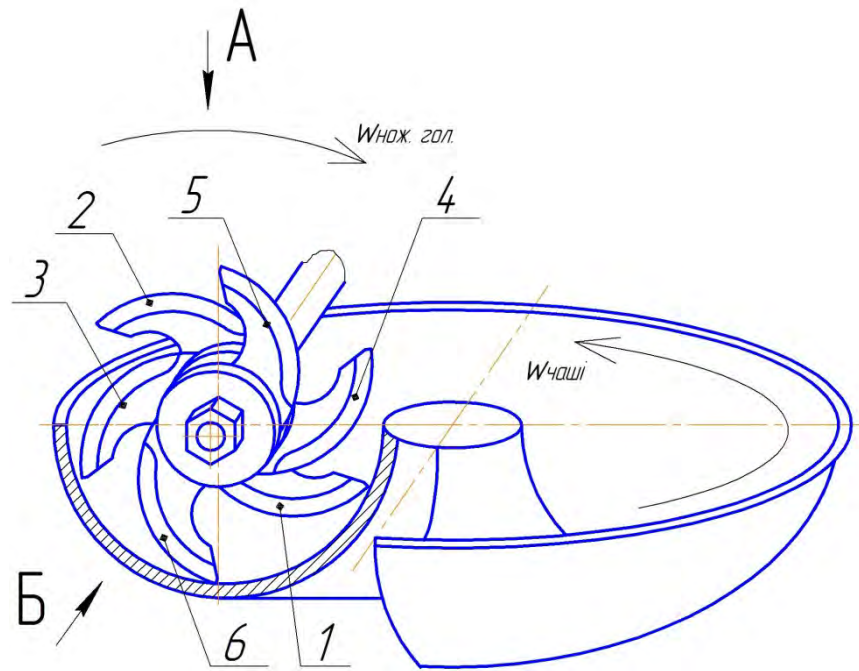


Рис. 5.1. Схема робочої зони кутера

Лезо ножа 1 ( $b$ ) перешкоджає (рис. 5.2) потраплянню сировини в площину різання під ніж 2 (див. п. 3.1.1). Негативний наслідок – зменшення продуктивності.

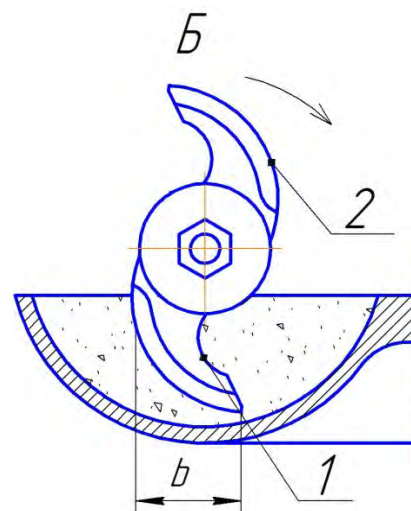


Рис. 5.2. Площина різання сировини ножа 1

Адгезійна взаємодія ножа 1 з сировиною призводить (рис. 5.3) до винесення сировини із зони подрібнення перед ножем 2. Негативний наслідок – зменшення продуктивності.

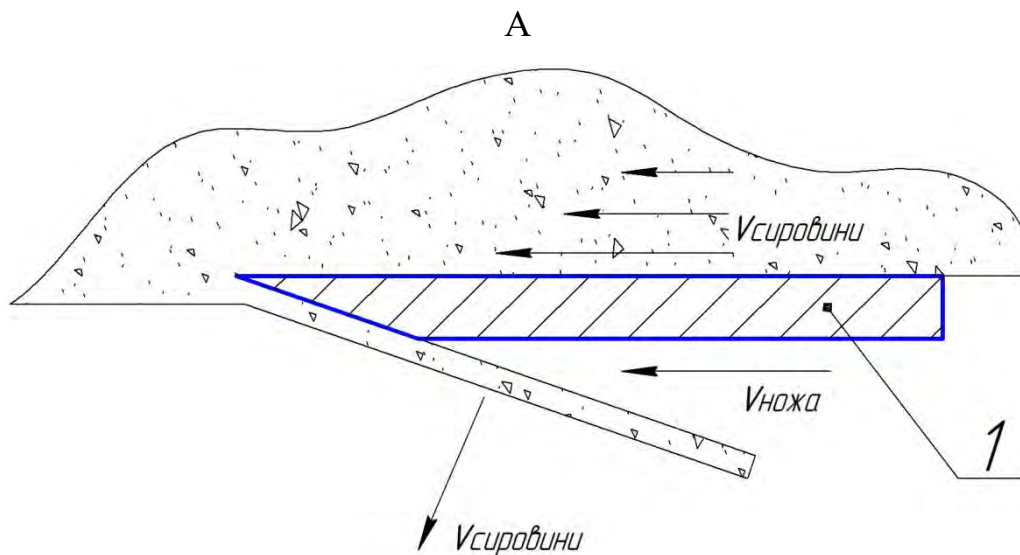


Рис. 5.3. Схема взаємодії ножа кутера 1 з м'ясною сировиною

Ніж №1 відкидає сировину з великою швидкістю, через що вона виноситься із зони подрібнення (рис. 5.3) без контакту із ножами 2-6 (див. п. 3.1.2). Негативні наслідки: зменшення продуктивності, підвищений нагрів сировини через її гальмування о стінки та о кришку чаші.

Періодичний контакт ножів із сировиною спричиняє ударне, знакозмінне та вібраційне їх навантаження (рис. 5.4). Негативний наслідок – зменшення довговічності ножів (див. п. 4.1).

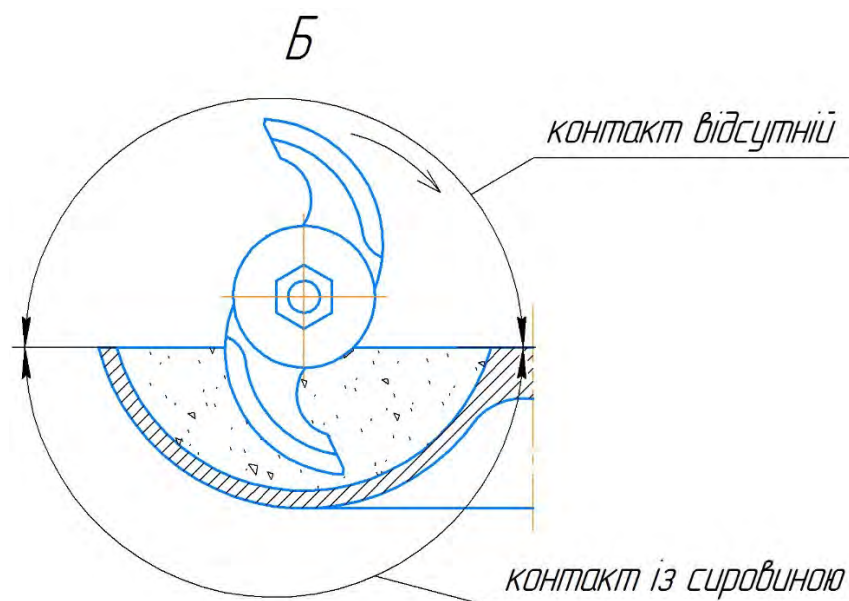


Рис. 5.4. Схема контакту ножів із сировиною, яка знаходиться в чаші кутера

Товщина ножа  $S_{min}$  є зменшеною для зменшення нагріву фаршу (рис. 5.5). Негативні наслідки – знижена статична, ударна, вібраційна та втомна міцність ножа (див. п. 4.2).

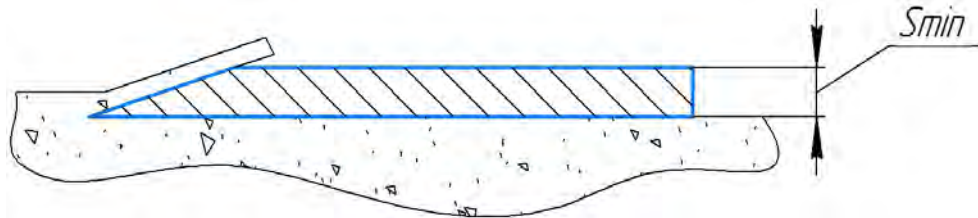


Рис. 5.5. Схема поперечного перерізу ножа кутера

Зменшена ширина ножа ( $b$ ) для зменшення нагріву сировини при терті (рис. 5.6). Негативний наслідок – зменшена міцність та довговічність ножа.

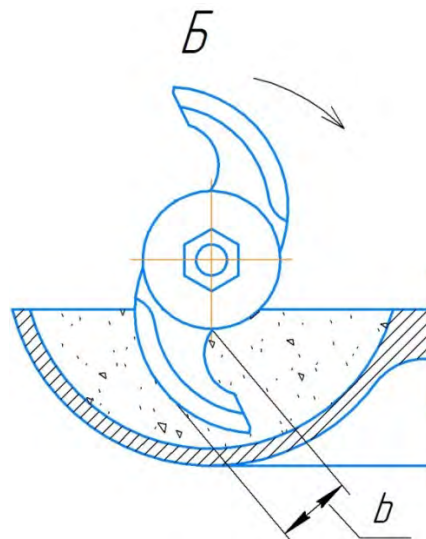


Рис. 5.6. Схема ножа кутера із шириною  $b$

Фаска на задній грані ножа призначена для кращого перемішування сировини при реверсному обертанні ножів (рис. 5.7). Негативний наслідок – зменшена міцність ножа в одному з найбільш напружених перерізів (див. п. 4.1).

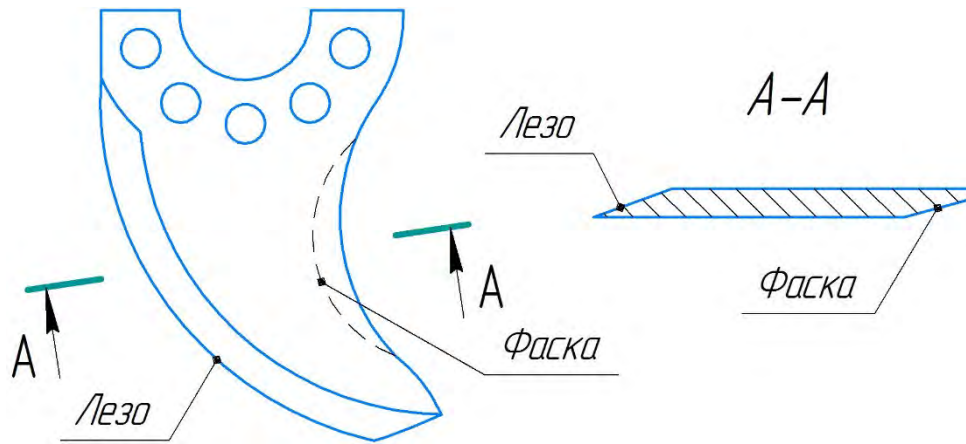


Рис. 5.7. Устрій ножа кутера

Вимоги до кута загострення ножа, що суперечать одна іншій (рис. 5.8): кут  $\alpha$  повинен бути мінімальним для ефективного подрібнення сполучної тканини і кут  $\alpha$  повинен бути максимальним для ефективного подрібнення м'язової тканини м'ясної сировини (див. п. 1.2). Негативні наслідки: знижена продуктивність, погіршена якість обробки сировини.

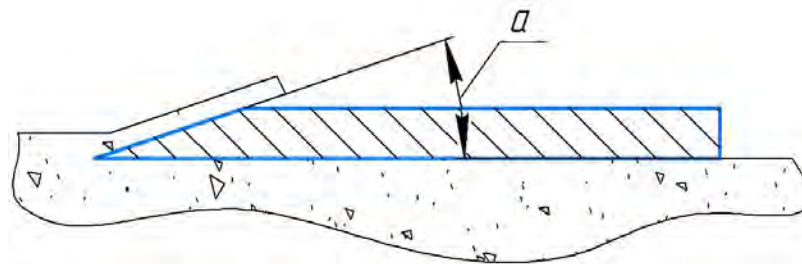


Рис. 5.8. Поперечний переріз ножа кутера із кутом загострення  $\alpha$

В ножах, призначених для подрібнення структурних фаршів наявна ділянка з недостатньою (малою) кривизною (рис. 5.9). Негативні наслідки: знижена продуктивність, погіршена якість обробки сировини.

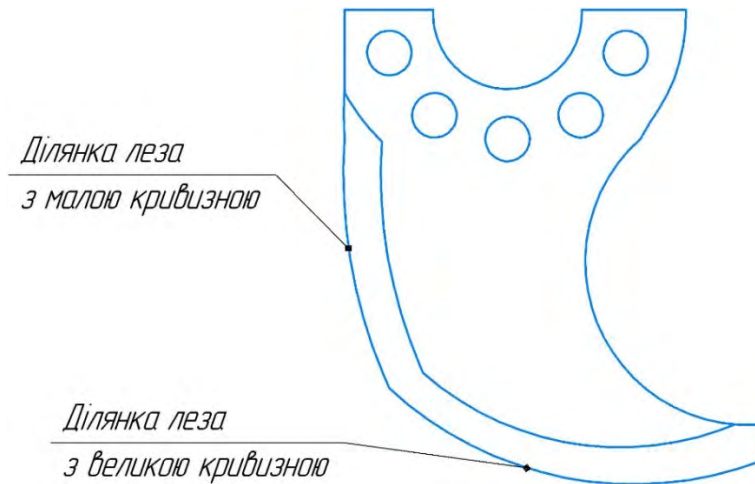


Рис. 5.9. Устрій ножа кутера для подрібнення структурних фаршів

**Проблеми неефективного узгодження гідравлічних процесів подачі і механічних процесів подрібнення та особливості їх впливу на напружено-деформований робочих органів у вовчках**

Недостатня ефективність роботи лез №3 і №4 внаслідок інтенсивної подачі сировини шнеком (рис. 5.11) лише в межах кута  $\beta$ . Негативні наслідки: знижена продуктивність вовчка, завищена металоємність і собівартість ножів, підвищений нагрів решітки і сировини через тертя лез по решітці.

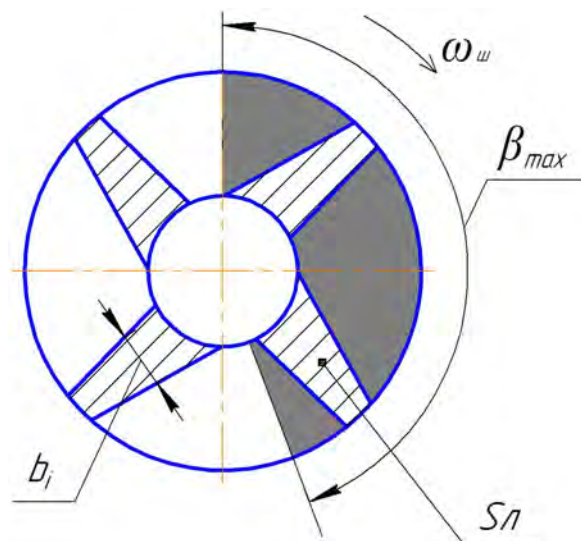


Рис. 5.11. Схема подачі сировини шнеком вовчка в межах кута  $\beta$  та перекриття лезами ножа вовчка простору для подачі сировини крізь решітки

Корпус ножа перешкоджає подачі сировини крізь решітки через завищену ширину леза  $b_i$  площу його фронтальної проекції  $S_L$  (рис. 5.11). Негативний наслідок – зменшення продуктивності (див. п. 3.2).

Протиріччя між вимогами (рис. 5.12). мінімізації зусилля продавлювання сировини крізь отвори решіток шляхом зменшення товщини решітки  $b$  та забезпечення належної її жорсткості та міцності (див. п. 4.5). Негативний наслідок – погіршена якість сировини через зменшення її вологовмісту.

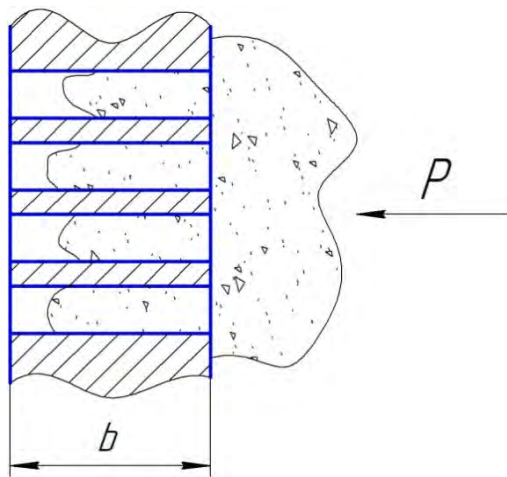


Рис. 5.12. Схема продавлювання сировини крізь отвори решітки вовчка

Підвищене зношування (рис. 5.13) різальних краєк отворів решіток та лез ножів через осьовий рух сировини в різальному вузлі (див. п. 4.6.1). Негативний наслідок – зменшена довговічність ножів та решіток.

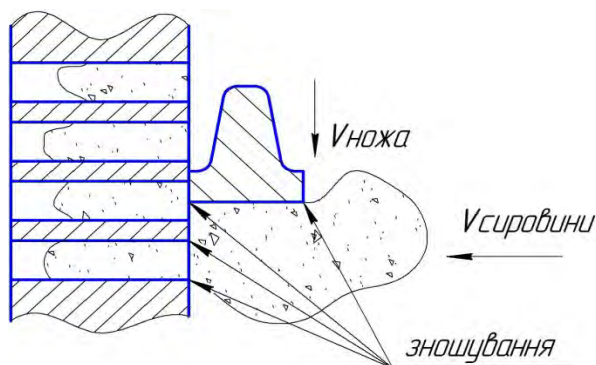


Рис. 5.13. Зношування різальних краєк ножа та решітки через осьовий рух сировини в різальному вузлі

Максимальне зношування циліндру спостерігається (рис. 5.14) у вихідній його частині (див. п. 4.6.2). Негативний наслідок – зменшена довговічність циліндру та шнеку.

**Проблеми неефективного узгодження гідравлічних процесів подачі і механічних процесів подрібнення та особливості їх впливу на напружено-деформований стан робочих органів в емульситаторах**

Наявність патрубку обумовлює (рис. 5.15) зменшену швидкість подачі сировини крізь різальний вузол (див. п. 3.3). Негативні наслідки: знижена продуктивність, підвищений нагрів сировини.

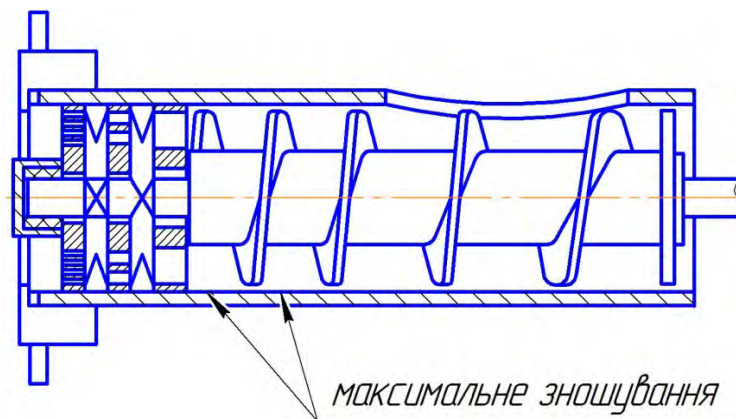


Рис. 5.14. Положення зони максимального зношування в циліндрі вовчка

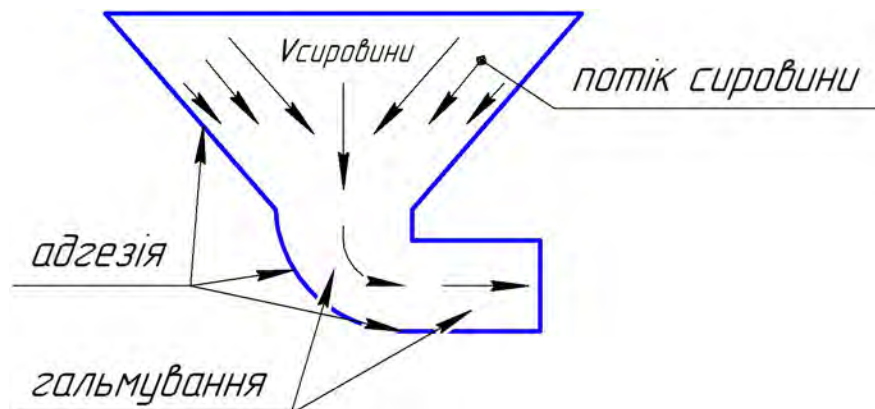


Рис. 5.15. Схема руху сировини в бункері емульситатора з горизонтальним живлячим патрубком



Висока адгезія м'ясного фаршу до стінок спричинює (рис. 5.15) зменшення швидкості подачі сировини до різального вузла (див. п. 3.3.2, 3.3.4). Негативні наслідки: знижена продуктивність, підвищений нагрів сировини.

Суперечливі вимоги до ребер жорсткості решітки (рис. 5.16): ребер жорсткості повинно бути якомога більше для підвищення міцності решітки і ребер жорсткості не повинно бути для мінімізації нагріву сировини при подрібненні (див. п. 4.5.2). Негативний наслідок: підвищений нагрів сировини.

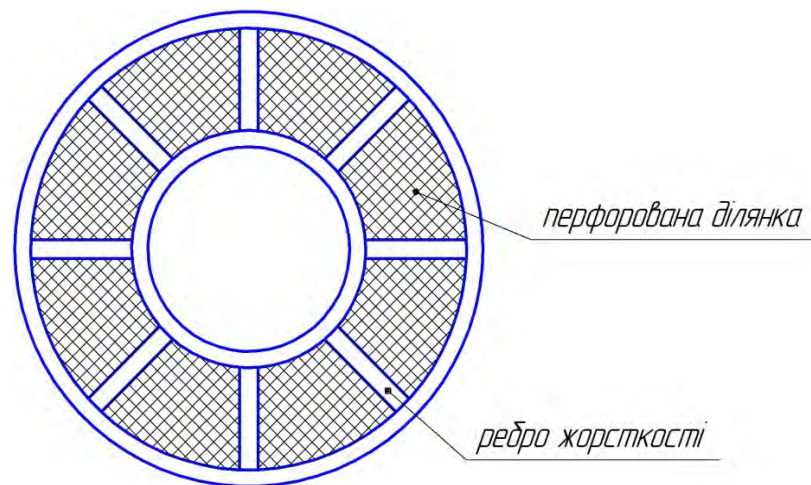


Рис. 5.16. Устрій решітки емульсатора з радіальними ребрами жорсткості

Частота обертання вивантажувальної крильчатки є зависокою для вивантаження сировини (див. п. 3.3.3, рис. 5.17). Негативний наслідок – підвищений нагрів сировини.

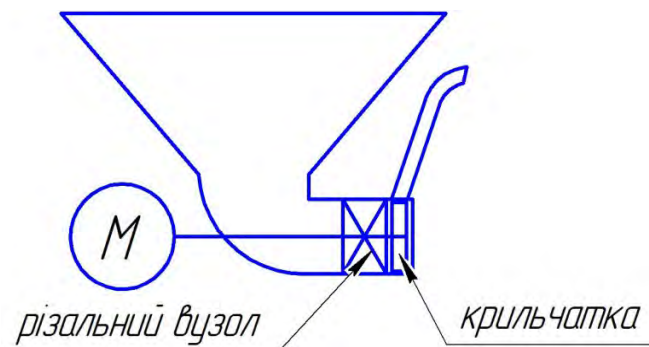


Рис. 5.17. Схема розташування обертових робочих органів емульсатора

Нижче наведено технічні та технологічні рішення з розвитку кутерів, вовчків і емульситаторів, які спрямовані на підвищення рівня взаємоузгодження процесів подачі сировини та її подрібнення і відповідного підвищення загальної ефективності процесу, включаючи напружено-деформований стан, втомну витривалість і характеристики зношування робочих органів.

## **5.2 Технічні та технологічні рішення з вдосконалення машин для подрібнення м'ясної сировини**

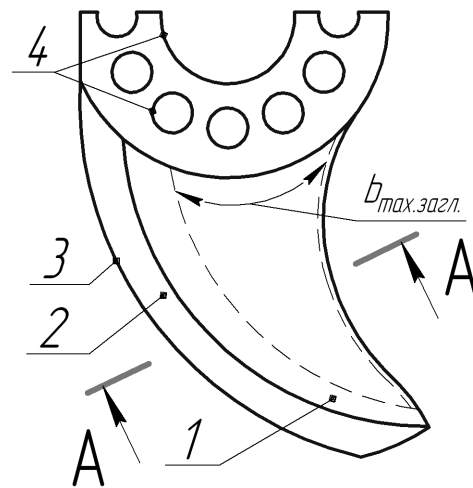
### **5.2.1 Вдосконалення конструкції кутерів**

Враховуючи наведені результати аналізу (п. 3.1), можна дійти висновку, що необхідно розробити нову конструкцію ножів кутера, використання якої сприятиме підвищенню продуктивності машини за рахунок покращення умов різання в окремо взятій площині різання.

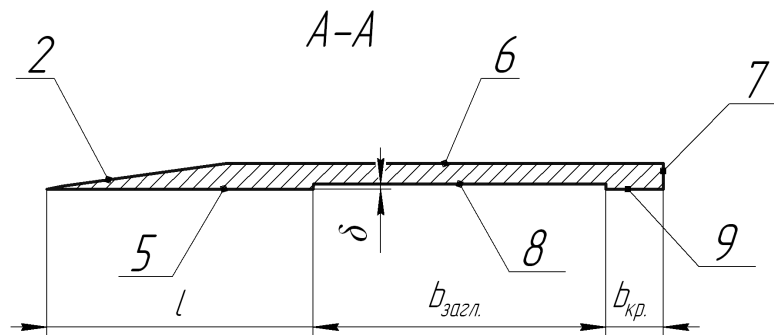
Згідно розробленої концепції для високої продуктивності машини потрібно максимально якісно узгодити процеси подачі сировини в зону її обробки та безпосередньо технологічного впливу на неї. Враховуючи дане положення було розроблено [278, 279] конструкції ножів, які представлені на рис. 5.18.

Запропоновано замість отворів перфорації або пазів використовувати в конструкції ножа заглиблення, яке виконане по всій площі робочої поверхні бокової сторони ножа, на яку натікає сировина, що подається чашею кутера.

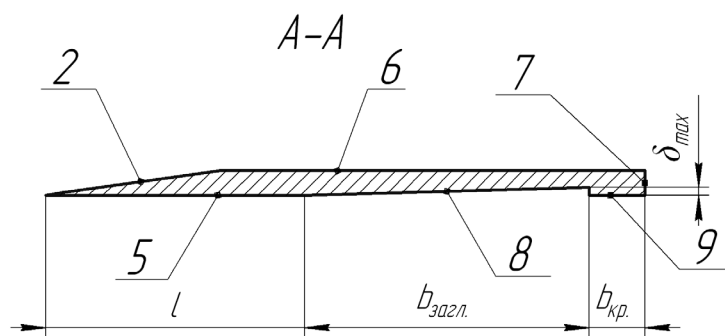
Ніж складається з пластини 1, яка має лезо 2 із різальною кромкою 3 та посадочні поверхні 4 для закріплення в ножовій головці кутера. Пластина має дві бокові сторони 5 і 6 та тильну сторону 7. На боковій стороні 5, на яку натікає шар сировини при його подачі чашею кутера, виконане заглиблення 8 шириною  $b_{загл.}$  та глибиною  $\delta$ . Заглиблення 8 простирається по поверхні бокової сторони 5 від границі, що розташована на відстані  $l$  від різальної кромки 3, до додаткової подрібнювальної кромки 9, що розташована з боку тильної сторони пластини 7 [278, 279].



а)



б)



в)

Рис. 5.18. Ніж кутера із покращеною подрібнювальною здатністю:

1 – пластина; 2 – лезо; 3 – різальна кромка; 4 – посадочні поверхні; 5, 6 – бокові сторони; 7 – тильна сторона; 8 – заглиблення; 9 – додаткова подрібнювальна кромка; а) – загальний вид ножа; б) – поперечний переріз ножа при виконанні заглиблення 8 сталюї товщини; в) – поперечний переріз ножа при виконанні заглиблення 8 перемінної товщини

На основі положень розробленої методологічної концепції визначено, що величина заглиблення  $\delta$  може бути змінною по ширині корпусу ножа (рис. 5.20, в). Це обумовлено особливостями відносного руху ножа та сировини, яка подається чашею кутера. Мінімальне та максимальне значення заглиблення може бути визначено на основі виразу (3.5) при наступних граничних умовах: частота обертання чаші максимальна, частота обертання ножів мінімальна як для процесу подрібнення (не враховуючи режим перемішування). Максимальна ширина  $b_{max.загл.}$  заглиблення 8 та ширина  $b_{кр.}$  додаткової подрібнювальної кромки 9 пов'язані між собою співвідношенням  $b_{max.загл.} \geq 5b_{кр.}$ .

Подрібнення сировини відбувається різальними кромками 3 та додатковими подрібнювальними кромками 9 ножа.

Таке виконання ножа кутера [278, 279] дозволяє забезпечити умови, при яких під додаткову подрібнювальну кромку 9 подаватиметься шар сировини більшої товщини.

Це дозволить гарантовано забезпечити участь додаткової подрібнювальної кромки 9 в процесі подрібнення сировини, що в свою чергу призведе до підвищення продуктивності кутера. Поряд із цим використання заглиблення 8 дозволяє суттєвим чином зменшити площу контакту ножа із сировиною, що подається чашею кутера, і таким чином зменшити нагрівання фаршу внаслідок тертя. Виконання заглиблення 8 перемінної товщини дозволяє підвищити міцність ножа без погіршення ефективності його роботи.

Підвищення продуктивності кутера шляхом покращення умов різання в окремо взятій площині різання може бути досягнуто не лише, як це показано на рис. 5.18, а й іншим чином – шляхом зменшення ширини корпусу ножів задля збільшення часу надходження сировини для подрібнення наступним ножом даного ножового блоку. В такому разі подрібнення буде відбуватись не різальною кромкою 9 (відповідно до рис. 5.18), яка має кут загострення порядку  $90^\circ$  і яка не переагострюється в процесі експлуатації ножа, а повноцінною різальною кромкою леза наступного ножа даного ножового блоку.

Зменшення ширини корпусу ножа призведе до зменшення його міцності. З метою мінімізації даного негативного чинника запропоновано замість зменшення ширини корпусу виконати у корпусі заглиблення відповідної ширини. Величина заглиблення  $\delta$  може бути визначена за виразом (3.5).

На основі положень розробленої методологічної концепції визначено, що величина заглиблення може бути змінною по ширині корпусу ножа (пояснення див. вище). Зважаючи на означене, запропонована [278, 279] наступна конструкція ножа кутера (рис. 5.19).

Ніж складається з пластини 1, яка має лезо 2 із різальною кромкою 3 та посадочні поверхні 4 для закріплення в ножовій головці кутера. Пластина має бокові сторони 5 і 6 та тильну сторону 7. Лезо 2 має заточку 8. Висота поперечного перерізу ножа  $h_2$ , виміряна на ділянці поміж боковими сторонами 5 і 6, є більшою за висоту поперечного перерізу  $h_1$ , виміряну на ділянці з'єднання леза 2 із боковими сторонами 5 і 6.

Значення висоти поперечного перерізу ножа  $h_2$  є змінним, мінімальним з боку леза 2 та максимальним з боку тильної сторони 7.

На боковій стороні 5 пластини, на яку натікає шар сировини при його подачі чашею кутера, виконане заглиблення 9 глибиною  $\delta$ . Заглиблення 9 простирається по поверхні бокової сторони 5 від границі, що розташована на відстані  $l$  від різальної кромки 3, до тильної сторони пластини 7. Відстань  $l$  може приймати значення від максимального  $l_{max}$  з боку посадочних поверхонь ножа кутера до мінімального  $l_{min}$  з боку найбільш віддаленої від вісі обертання ділянки ножа кутера. Величина заглиблення 9 може приймати значення від мінімального  $\delta_{min}$  з боку різальної кромки 3 ножа кутера до максимального  $\delta_{max}$  з боку тильної сторони 7 ножа кутера (рис. 5.21, в), що дозволяє підвищити міцність ножа без погіршення ефективності його роботи.

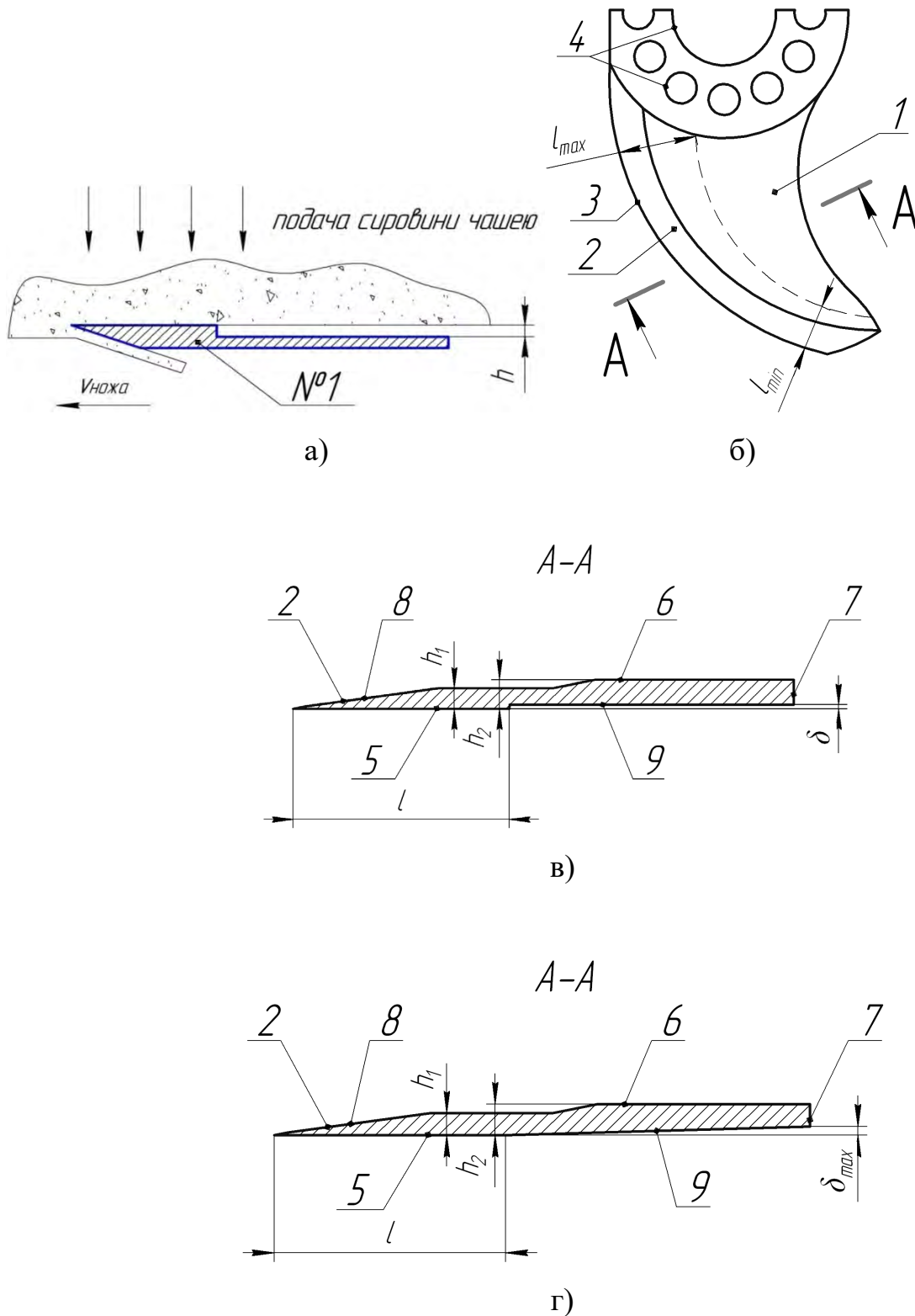


Рис. 5.19. Ніж кутера із зменшеною площею контакту із сировиною:  
 1 – пластина; 2 – лезо; 3 – різальна кромка; 4 – посадочні поверхні; 5, 6 – бокові сторони; 7 – тильна сторона; 8 – заточка, 9 - заглиблення; а) - схема роботи ножа із заглибленням  $h$ ; б) – загальний вид ножа; в) – поперечний переріз ножа при виконанні заглиблення 9 сталої товщини; г) – поперечний переріз ножа при виконанні заглиблення 9 змінної товщини

Як показано в п. 3.1.2, ножі кутера працюють не з максимальною ефективністю, зокрема тільки один з ножів ножової головки здійснює різання по всій траєкторії руху в чаші кутера. Виконання заглиблення 9 на боковій стороні 5 ножа, на яку натікає шар сировини при його подачі чашею кутера, дозволяє зменшити негативний ефект перекриття ножем простору для надходження сировини в зону різання наступного ножа. Завдяки цьому створюються умови для завантаження сировиною зони різання наступного ножа в ножовій головці кутера. Це дозволяє збільшити частоту різальних дій ножової головки і таким чином підвищити продуктивність кутера.

Поряд із цим використання заглиблення 9 дозволяє суттєвим чином зменшити площу контакту ножа із сировиною, що подається чашею кутера, і таким чином зменшити нагрівання фаршу внаслідок тертя.

Ефективність використання ножів розробленої конструкції можна оцінити [273] за виразом:

$$l_{mp.c.} = \frac{\pi \cdot n_u \cdot R_u}{30} \cdot \frac{\theta_n}{\frac{\pi \cdot n_n}{30}} = \frac{\theta_n \cdot n_u \cdot R_u}{n_n}, \quad (5.1)$$

де значення кута  $\theta'_n$  в свою чергу визначається так (рис. 5.20):

$$\theta'_n(\rho) = \frac{2\pi}{z'_n} - \varphi_1(\rho) + \varphi'_1(\rho), \quad (5.2)$$

тут  $\varphi'_1(\rho)$  – полярне рівняння кривої, що є границею заглиблення на боковій стороні ножа (визначається аналогічно  $\varphi_1(\rho)$  виразу (3.5), але при менших значеннях параметрів: для ділянки кола -  $R'_0 = R_0 - \delta$ , м; для Архімедової спіралі –  $a' = a - \delta$ ; для евольвенти –  $m' = m - \delta$ , тощо).

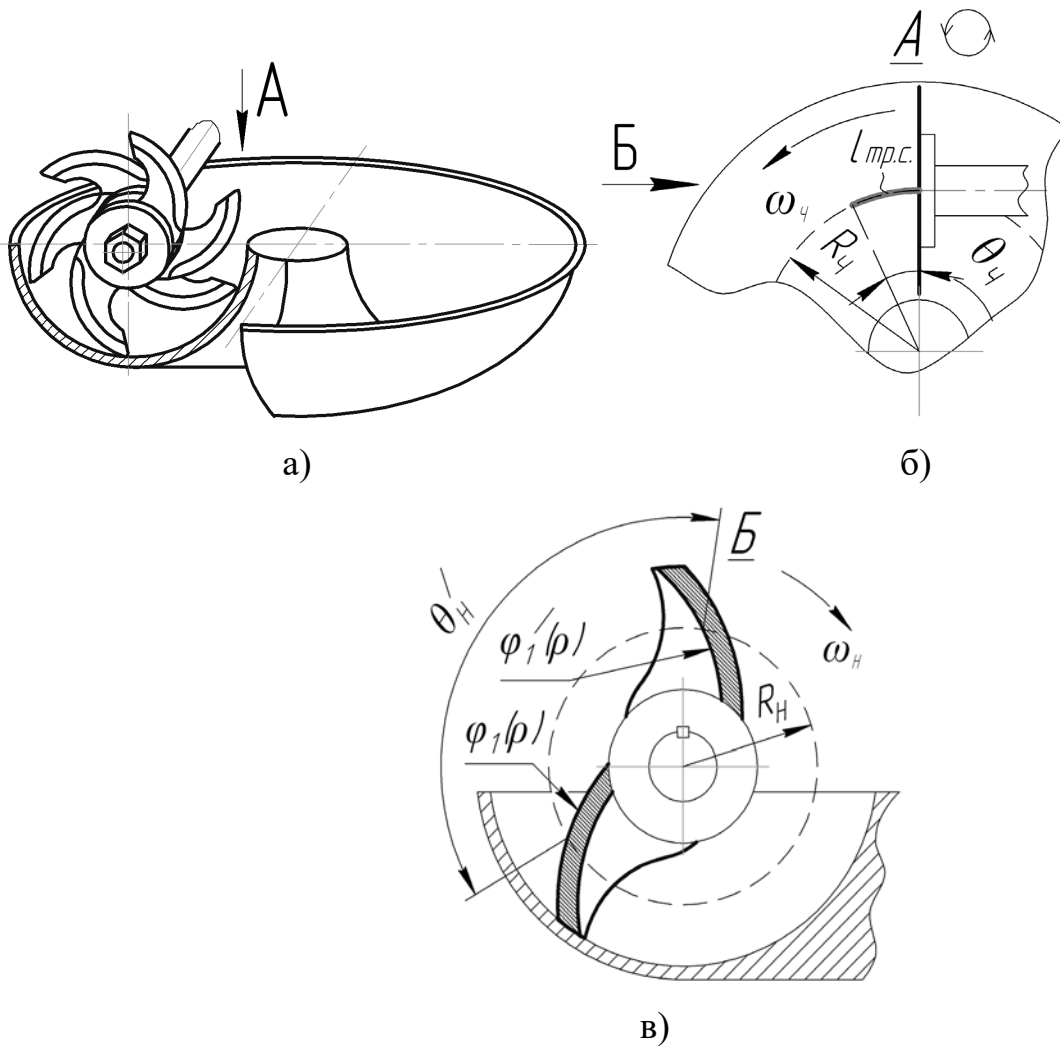


Рис. 5.20. Загальний вигляд зони подрібнення кутера (а). Схеми до розрахунку геометричних та кінематичних параметрів: б) – чаші; в) - ножової головки нової конструкції

На рис. 5.21 наведено результати [273] розрахунку значення  $l_{mp.c.}$  при використанні ножів нової конструкції ( $l=0,046$  м) з яких слідує, що значення  $l_{mp.c.}$  збільшується на 22%. На рис. 5.22 – те ж саме, але при  $z'_n=3$  та збільшених у порівнянні зі стандартними значеннях  $n_{\text{ч}}$ .

Як слідує з рис. 5.21, 5.22, використання запропонованих рішень [273], а саме наявність заглиблень у ножах, збільшення  $z'_n$  з 2 до 3, збільшення частоти обертання чаші до  $22 \text{ хв}^{-1}$  дозволяє забезпечити такі умови подачі сировини, при яких поміж двома різальними діями ножів нагнітається шар сировини товщиною 3,1 мм (при  $n_n=4500 \text{ хв}^{-1}$  та  $R_n=0,165$  м).



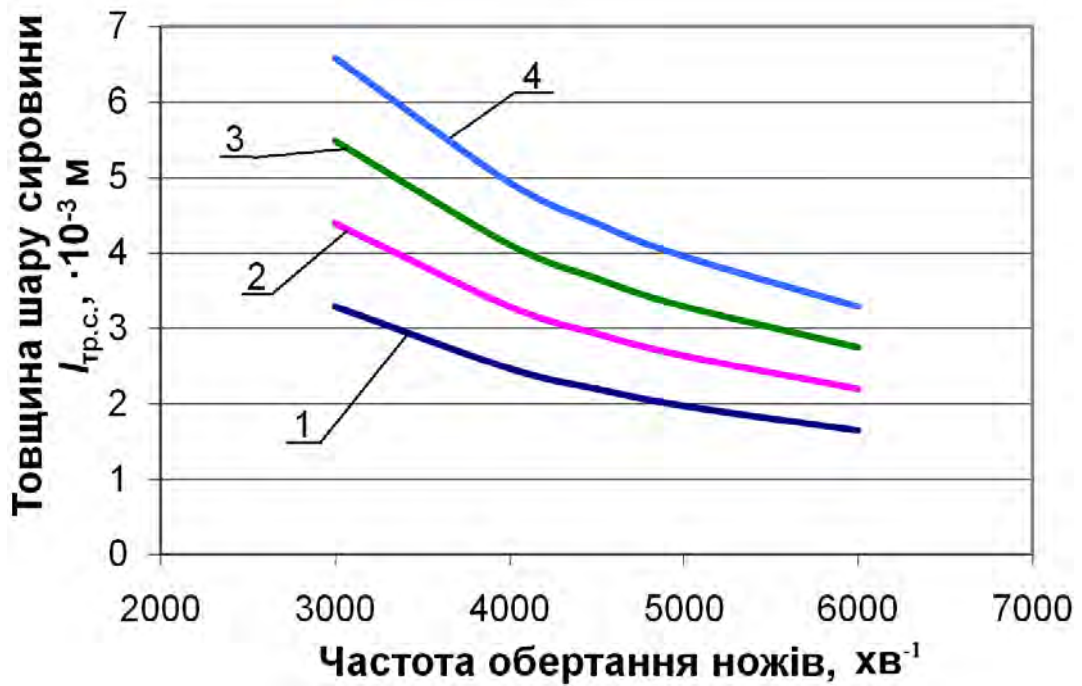


Рис. 5.21. Залежність товщини шару сировини  $l_{tr.c.}$  від частоти обертання ножів кутера нової конструкції при частотах обертання чаші,  $xv^{-1}$ : 1 - 9; 2 - 12; 3 - 15; 4 - 18

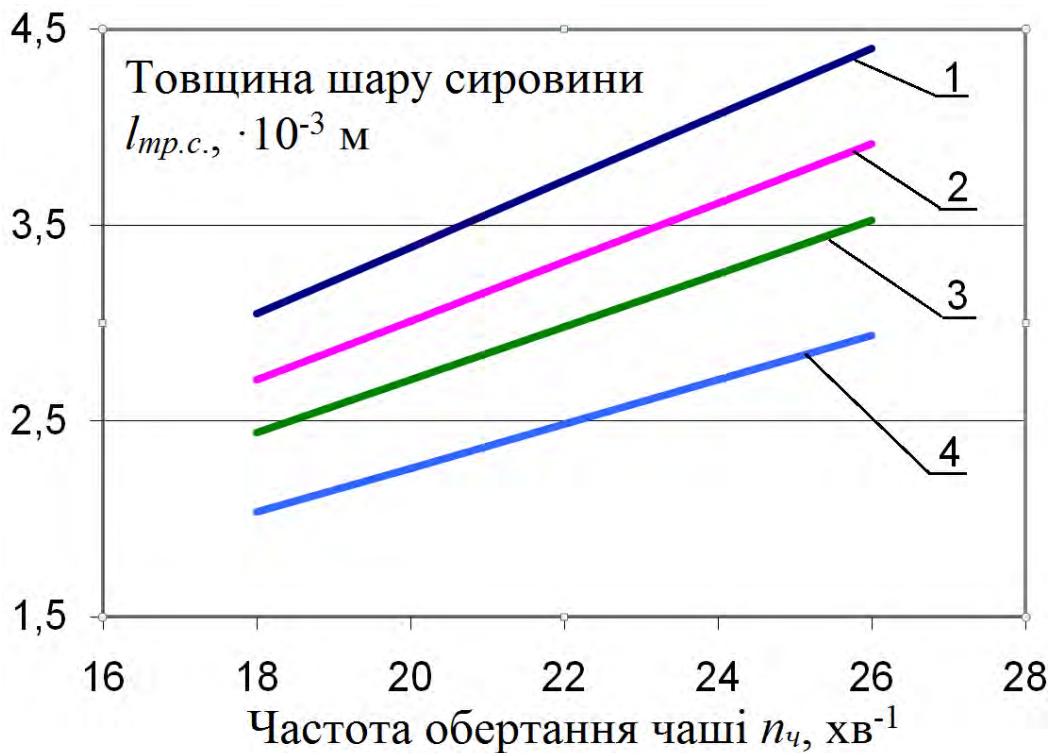


Рис. 5.22. Залежність товщини шару сировини від частоти обертання чаші кутера при використанні ножів нової конструкції та  $z'_n=3$  в першому ножовому блоці за наступних частот обертання ножів,  $xv^{-1}$ : 1 - 4000; 2 - 4500; 3 - 5000; 4 - 6000

Таким чином [273] утворюється можливість забезпечити збільшення кількості різальних дій ножів в площині різання першого ножового блоку з 2 до 3 за один його оберт.

Цим самим створюються можливості для істотного підвищення продуктивності кутера, оскільки, як показано в п. 3.1, найбільшу роботу подрібнення здійснюють ножі, що працюють в першій площині різання.

З метою оцінки ефективності прийнятих рішень було проведене [361] чисельне моделювання взаємодії ножів стандартної та розробленої конструкції з фаршем. При цьому використовувався програмний комплекс FlowVision та наступні вихідні дані: густина рідини  $1050 \text{ кг/м}^3$ , в'язкість -  $30 \text{ Па}\cdot\text{с}$ ; частота обертання ножів –  $4500 \text{ хв}^{-1}$ ; максимальна довжина ножів –  $300 \text{ мм}$ .

Інтенсивність виділення тепла можна оцінити [361] за величиною дисипації енергії тертя в сировині (рис. 5.23). На ділянці більш віддаленої від вісі обертання ножа спостерігається вище значення дисипації енергії.

Це свідчить про більший внесок даної частини ножа у загальний приріст тепла при кутеруванні в порівнянні із тою частиною ножа, яка примикає до посадочної, не зважаючи на значно меншу площу поверхні тертя віддаленої частини.

Така різниця пояснюється [361] значно вищими лінійними швидкостями руху вказаних частин ножа (значення відрізняються у 2-3 рази). Результати моделювання свідчать, що використання нової конструкції ножа дозволяє суттєво зменшити інтенсивність нагріву та градієнт температури в сировині в залежності від глибини розглядуваного шару на величину від 30% до 70%. (рис. 5.23,б та рис. 5.23, г).

Оскільки нагрів сировини в основному обумовлений механізмами дисипації енергії через тертя ножів об сировину відповідно буде відбуватися зменшення енергоспоживання приводом кутера [361].

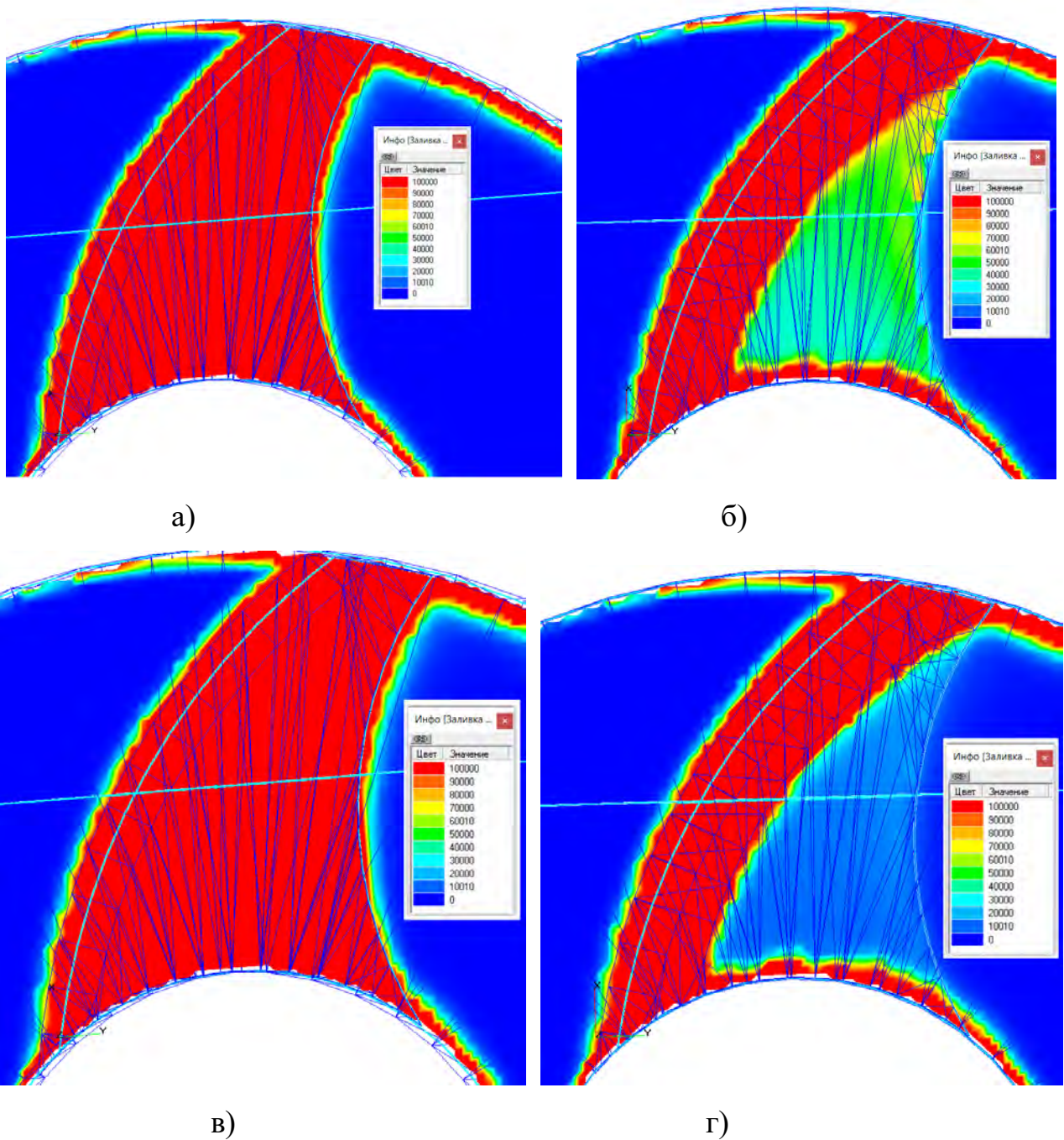
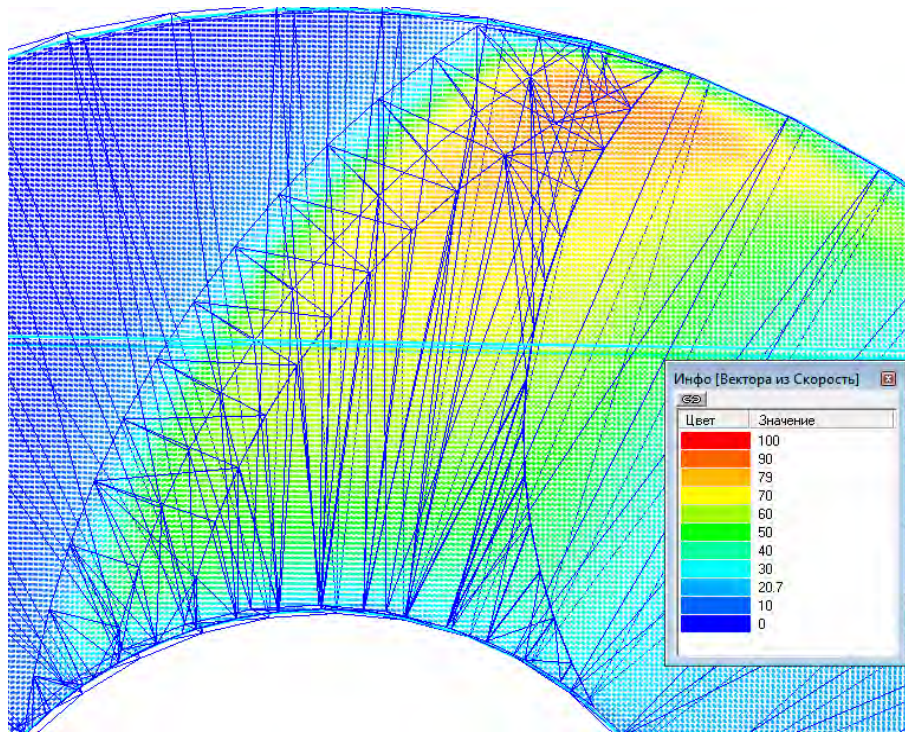
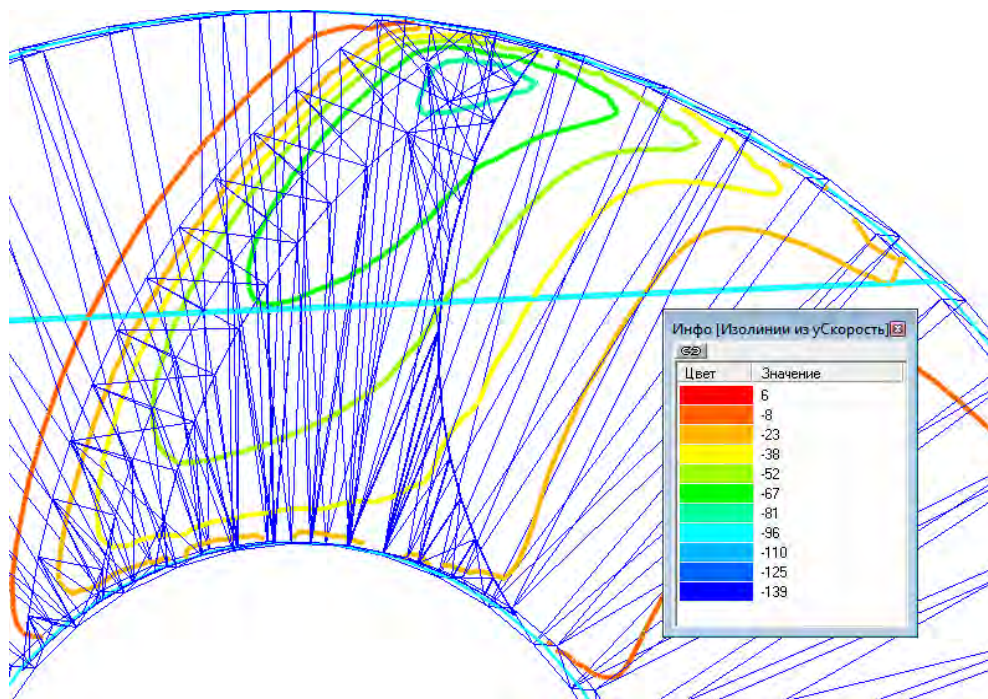


Рис. 5.23. Розподілення дисипації енергії в м'ясній сировині при кутеруванні: а) - при відстані 0,0028 м від поверхні ножа стандартної конструкції; б) - при відстані 0,0028 м від поверхні ножа нової конструкції; в) - при відстані 0,003 м від поверхні ножа стандартної конструкції; г) - при відстані 0,003 м від поверхні ножа нової конструкції.

На рис. 5.24, 5.25 наведено результати [361] чисельного моделювання контактної взаємодії нижньої сторони ножа нової конструкції з сировиною.



а)



б)

Рис. 5.24. Візуалізація результатів чисельного моделювання контактної взаємодії нижньої сторони ножа нової конструкції з сировиною ( $h=1 \cdot 10^{-4}$  м): а) - значення та напрямок швидкості сировини у вигляді векторів, м/с; б) - значення та напрямок швидкості сировини у вигляді ізоліній, м/с.

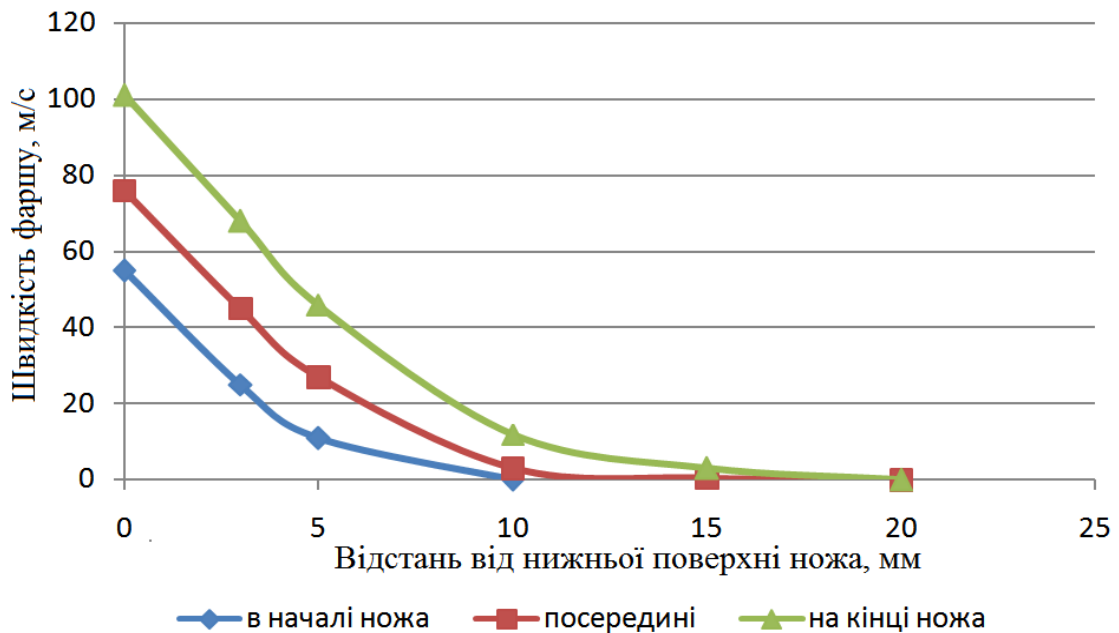


Рис. 5.25. Значення швидкості сировини  $v_{\text{сиров.}}$  (м/с) при тонкому подрібненні фаршу ножом нової конструкції залежно від відстані від нижньої поверхні ножа  $h$  ( $10^{-3}$  м)

Якщо їх порівнювати з результатами, наведеними на рис. 3.9 і рис. 3.10, то можна відзначити, що для ножа розробленої конструкції швидкість фаршу менша. В той же час для ножів як стандартної так і нової конструкції характерне яскраво виражене збільшення швидкості фаршу на кінці ножа, що відповідає даним, наведеним на рис. 3.18, 3.19.

Задля забезпечення належної міцності ножів із заглибленням розробленої конструкції запропоновано використати нову конфігурацію поперечного перерізу ножа (рис. 5.19, б).

Чисельне моделювання напружено-деформованого стану ножів стандартної конструкції та конструкції, представленої на рис. 5.19, б, проводилось за допомогою програмного комплексу SolidWorks Simulation. Значення лобового тиску визначалось за (4.2) з умови обертання ножа радіусом 300 мм із частотою  $4500 \text{ хв}^{-1}$  і задавалось в межах від 526418,74 Па до 2866694,35 Па по довжині леза. Тиск на бокову поверхню ножа приймався рівним 6 кПа, частота обертання ножа -  $4500 \text{ хв}^{-1}$ , товщина ножа – 5 мм. В якості матеріалу моделі обрано сталь леговану із межею текучості 620,4 МПа.

Результати моделювання (значення напружень  $\sigma_{max}$  та коефіцієнту запасу міцності  $K_{з.м.}$ ) наведено в таблиці 5.1, а їх візуалізацію – на рис. 5.26. Як слідує з отриманих результатів, запропонована конструкція ножа (рис. 5.19, б) одночасно з підвищенням продуктивності кутера та зі зменшенням нагріву сировини дозволяє підвищити міцність ножа.

Таблиця 5.1

## Значення напружень в ножах різної конструкції

№ точки ножа	Ножі			
	стандартної конструкції		нової конструкції	
	$\sigma_{max}$ , МПа	$K_{з.м.}$	$\sigma_{max}$ , МПа	$K_{з.м.}$
1	57,5	10,8	55,6	11,2
2	57,2	10,8	54,1	11,5
3	33,7	18,4	30,6	20,3
4	89,5	6,9	76,2	8,1

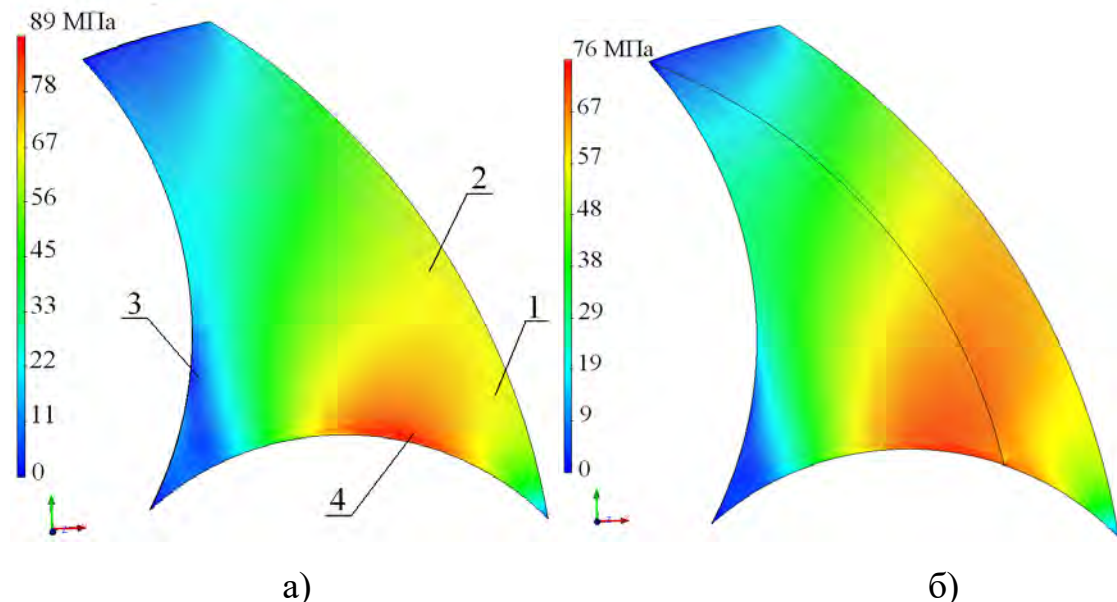


Рис. 5.26. Візуалізація напруженого стану ножів різної конструкції:

- а) – стандартної конструкції (нижня бокова сторона відповідно до рис. 5.7);  
 б) – нової конструкції (нижня бокова сторона відповідно до рис. 5.7)

Напруження в точках 3 і 4 ножа нової конструкції менші на 10,1% і 17,4% відповідно в порівнянні з ножом стандартної конструкції. Це доводить раціональність прийнятих рішень та перспективність використання в кутерах ножів, які мають поперечний переріз розробленої конструкції (рис. 5.19, б).

Як видно з отриманих результатів (рис. 5.2-5.25), дисипація енергії та швидкість руху сировини вслід за ножом на його кінці приймає значно більші величини в порівнянні з основою корпусу незважаючи на значно більшу площу основи в порівнянні з кінцем ножа. Зважаючи на означене, постало питання про необхідність розробки нового технічного рішення з удосконалення ножів кутера з метою підвищення продуктивності машин за рахунок зменшення адгезійної взаємодії ножів із сировиною.

Згідно положень розроблених методологічних засад про необхідність функціонального аналізу різних зон вдосконалюваного об'єкту та забезпечення найліпших умов роботи для таких зон і згідно з отриманими результатами досліджень гідродинаміки сировини при кутеруванні (п. 3.1) було розроблено [280] наступну конструкцію ножа (рис. 5.27).

Ніж кутера складається [280] з посадочної частини 1, корпусу 2 з боковими поверхнями 3 і 4 та лезом 5, яке має двосторонню заточку з поверхнями 6 і 7. Поверхня леза 6, вздовж якої рухається відрізаний шар сировини при кутеруванні, розташована під час кутерування під кутом  $\alpha$  до площини обертання ножа. Кут  $\alpha$  обирається найбільш прийнятним або близьким до такого для кутерування заданого виду продукту. (де на рис. 5.27 кут  $\alpha$ )

Кожна поверхня леза 6 і 7 може бути виконана у вигляді площини, криволінійної поверхні або їх поєднання. Поверхня леза 7, на яку тисне сировина внаслідок обертання чаші кутера при кутеруванні, заточена під кутом:

$$g = \arctg(n_{\text{ч}} \cdot R_{\text{ч}} / n_{\text{н}} \cdot r_{\text{н}}), \quad (5.3)$$

де  $n_{\text{ч}}$  – частота обертання чаші кутера,  $n_{\text{н}}$  – частота обертання ножової головки кутера,  $R_{\text{ч}}$  – максимальний радіус обертання сировини в чаші кутера,  $r_{\text{н}}$  – мінімальний радіус обертання точок леза ножа кутера.

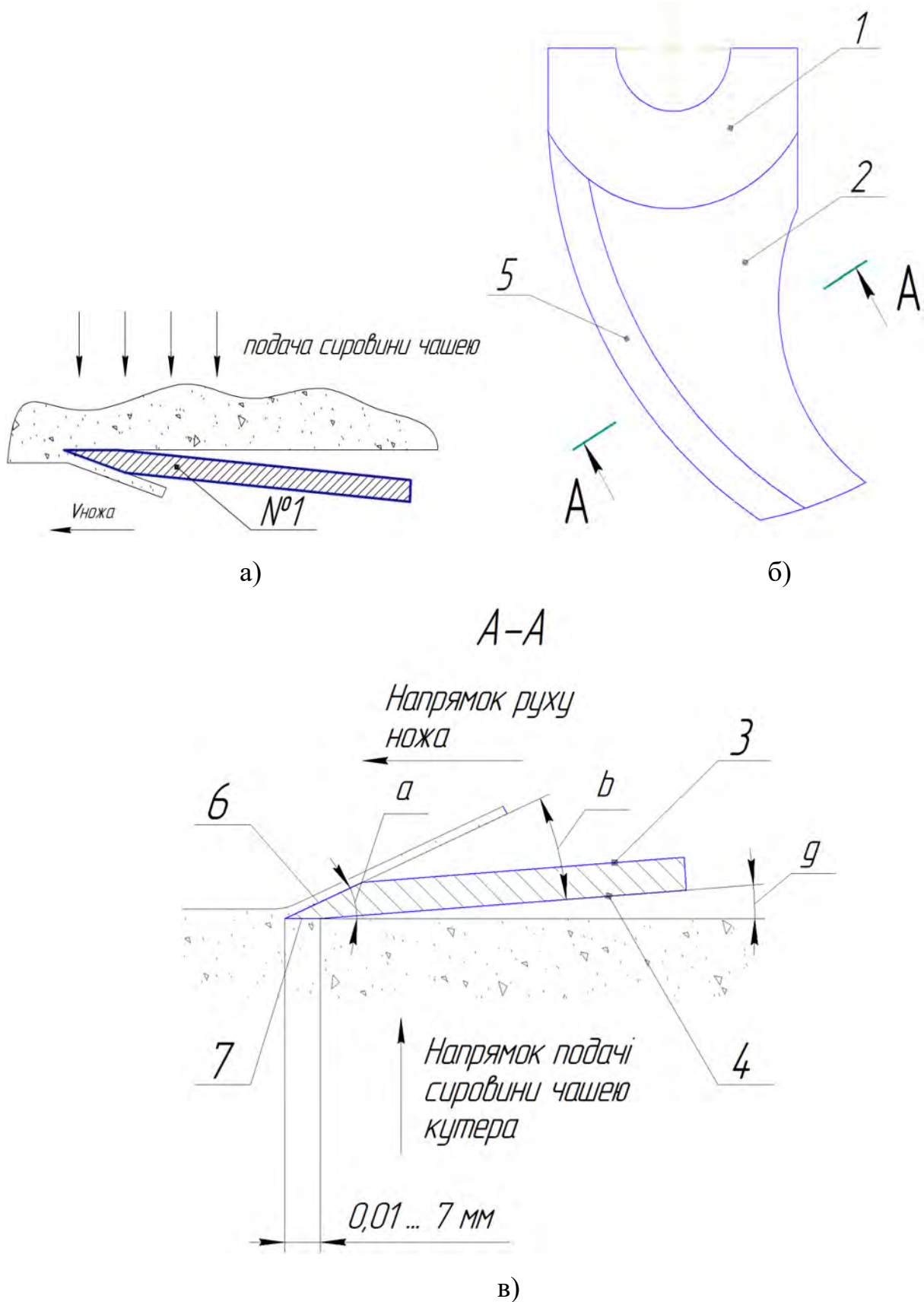


Рис. 5.27. Ніж кутера розробленої конструкції, який встановлюється в ножовій головці кутера з від'ємним кутом атаки  $g$ : а) - схема роботи ножа кутера із від'ємним кутом атаки; б, в) - устрій ножа.



Поверхня леза 6, вздовж якої рухається відрізаний шар сировини при кутеруванні, заточена під кутом  $b$  до тієї бокової поверхні ножа 4, яка розташована з боку сировини, що подається чашею при кутеруванні. Значення кута  $g$  дорівнює:  $g = \alpha - b$ . Значення довжини поверхні 7, яка заточена під кутом  $g$ , знаходиться в межах 0,01-7 мм.

Ніж виконано таким, що встановлюється в ножовій головці кутера з від'ємним кутом атаки  $g$  з метою мінімізації площі контакту нижньої сторони корпусу ножа із сировиною. Таке рішення є можливим з огляду на нові відомості про особливості огинання сировиною ножа під час кутерування (рис. 3.28, 3.29).

Для забезпечення високої різальної здатності ножа його лезо виконано з двосторонньою несиметричною заточкою, що описано вище. Запропоновані заходи дали змогу суттєво зменшити площу контакту ножа із сировиною та зменшити винесення сировини із зони подрібнення за рахунок адгезії.

Відомі конструкції ножів кутера не дозволяють забезпечити якнайкращі умови для подрібнення фаршів сирокочених ковбас. Це відбувається тому, що якісне подрібнення таких фаршів здійснюється ковзним різанням, для чого лезо повинно бути розташоване з відповідним нахилом (див. п. 1.2). Проте будова відомих ножів кутера для сирокочених ковбас не дозволяє забезпечити ковзне різання по усій довжині леза, оскільки одна з його частин розташована з малим кутом нахилу для забезпечення компактності ножа.

З метою підвищення ефективності роботи ножів кутера при подрібненні фаршів сирокочених ковбас та зменшення експлуатаційних витрат була розроблена конструкція ножа, яка наведена на рис. 5.28.

Ніж кутера складається з корпусу 1, змінних лез 2, які кріпляться до корпусу за допомогою кріпильних елементів 3 та фіксуючих елементів 4. Ніж кутера оснащений щонайменше одним стопором 5. Корпус 1 виконано у вигляді диска з щонайменше двома пазами 6. Кожне змінне лезо 2 встановлюється на корпусі 1 таким чином, що його різальна кромка 7 знаходиться в межах відповідного пазу 6. Кожен кріпильний елемент 3 має прихват 8, яким він притискає змінне лезо 2 до корпусу 1. Стопор 5 встановлюється на ножовому валу

або в ножовій головці кутера, стопор має поверхні 9 і 10, якими він контактує з відповідними фіксуючими елементами 4, завдяки чому унеможливується їх обертання навколо власної вісі. Стопор 5 має щонайменше один посадочний отвір 11 фасонної форми, який служить для встановлення стопора 5 на ножовому валу або в ножовій головці кутера. Пази 6 корпусу розміщені в корпусі 1 групами по щонайменше 2 пази в кожній групі таким чином, що всі пази 6 кожної групи розміщені в секторі корпусу з кутом не більше як  $120^\circ$ . В кожній групі найбільший радіус обертання  $R_{\max}$  точок пазу, який розташований ближче до вісі обертання 12 корпусу не менший за найменший радіус  $R_{\min}$  обертання точок пазу, який розташований далі від вісі 12 обертання корпусу.

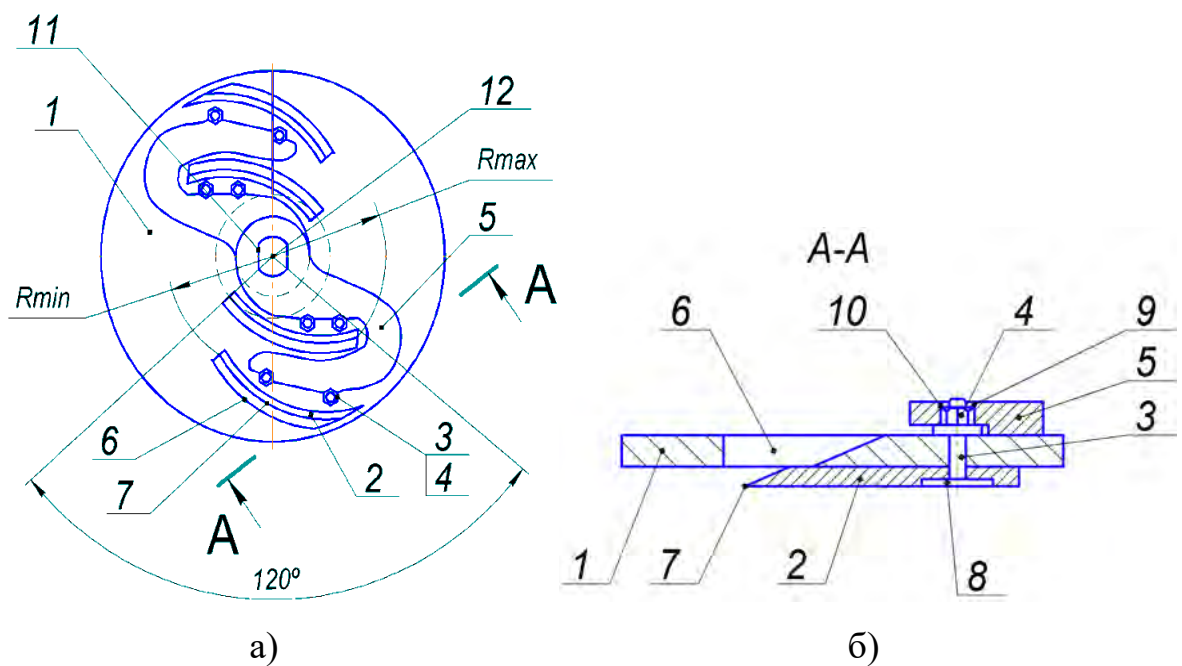


Рис. 5.28. Ніж кутера, призначений для подрібнення фаршів сирокочених ковбас

Ніж містить щонайменше два змінні леза 2, що розташовані в одному секторі і здійснюють яскраво виражене ковзне різання сировини, яке і є найбільш бажаним видом різання при подрібненні фаршів сирокочених ковбас. Відомі конструкції ножів кутера не дозволяють забезпечити якісне ковзне різання сировини по всьому радіусу обертання леза ножа.

Виконання лез змінними дозволяє зменшити їх металоємність та, відповідно, знизити експлуатаційні витрати. Застосування стопора 5 дозволяє уникнути самовідгвинчування фіксаторів 4. Виконання корпусу 1 ножа у вигляді диску дозволяє суттєво підвищити його жорсткість та втомну міцність.

Відповідно до результатів досліджень, викладених у [34-36, 65, 72], а також в п. 3.1 можна сформулювати такі вимоги до леза ножа кутера – для ефективного подрібнення фаршів безструктурних ковбасних виробів кінематичний кут різання повинен приймати менше значення з метою забезпечення найліпших умов для розрізання сполучної тканини м'яса і в той же час кінематичний кут різання повинен приймати більше значення для ефективного роздрібнення м'язової тканини. У відомих конструкціях ножів кутера не забезпечене одночасне виконання обох цих вимог.

Відомі конструкції ножів кутера не мають змінних лез малої металоємності. Це призводить до суттєвого завищення витрат на купівлю різального інструменту під час експлуатації кутерів. Також для загострення відомих ножів кутера необхідно використовувати спеціальні заточувальні верстати, оскільки переагострення відбувається по передній поверхні леза.

Вирішенню означених проблемних питань сприятиме використання розробленої [241, 266] конструкції ножа кутера (рис. 5.29). Ніж містить корпус 1, щонайменше одне змінне лезо 2 та щонайменше один кріпильний елемент 3 з пружинним елементом 4. Ніж має щонайменше одну накладку 5, а кожне змінне лезо 2 має щонайменше один наскрізний отвір 6. На кожному змінному лезі 2 наявні поздовжні виступи 7, які виконані переважно з однаковим кроком. На корпусі 1 наявні поздовжні пази 8, які виконані переважно з тим же кроком, що і поздовжні виступи 7 на змінному лезі 2. Воно встановлюється на корпус 1 таким чином, що поздовжні виступи 7 леза входять у поздовжні пази 8 корпусу.

Змінне лезо 2 розташовано під кутом  $\alpha$  до площини обертання ножа, при цьому значення кута  $\alpha$  обирається таким, щоб забезпечити належні умови різання сировини, яка подрібнюється в кутері. Змінне лезо 2 фіксується до корпусу 1 за допомогою накладки 5, яка встановлюється поверх леза 2 і кріпильних елементів

3 з пружинними елементами 4. Накладка 5 має подрібнювальну поверхню 9, яка примикає до змінного леза 2, подрібнювальна поверхня 6 розташована під кутом  $\beta$  до площини обертання ножа, причому  $\beta > \alpha$ . Змінне лезо 2 в робочому положенні розташовується на корпусі 1 таким чином, при якому різальна кромка 10 змінного леза 2 знаходиться нижче нижньої поверхні корпусу 1.

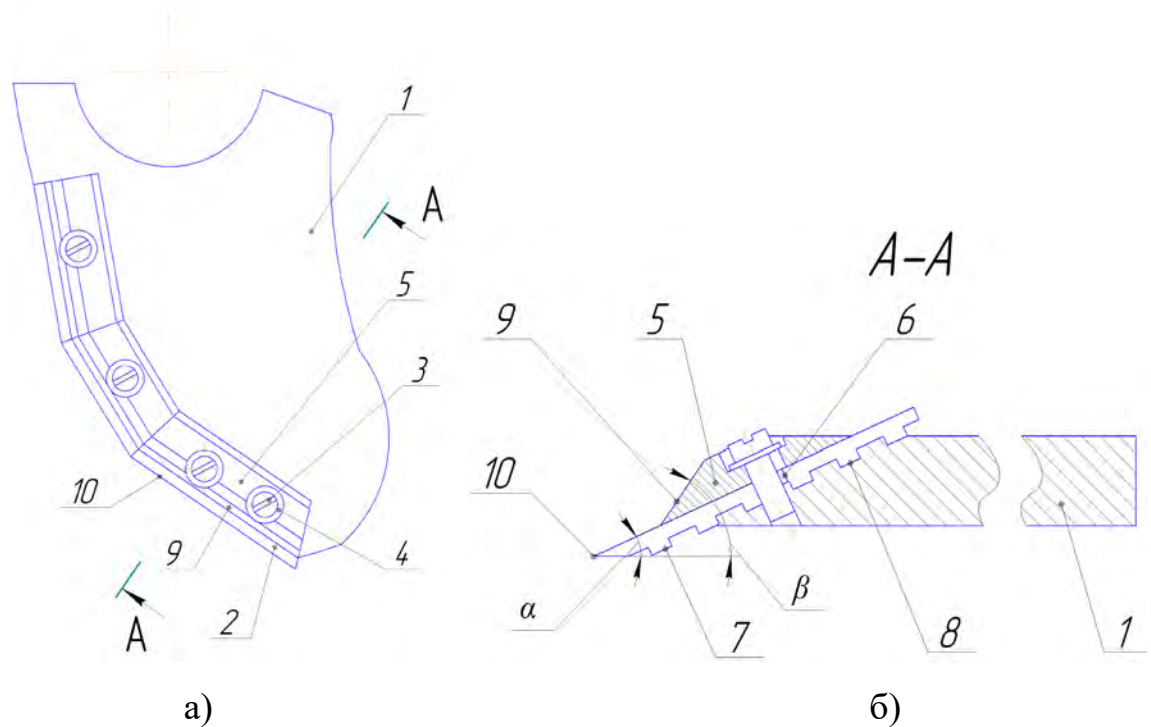


Рис. 5.29. Ніж кутера, призначений для подрібнення фаршів безструктурних ковбасних виробів

Використання ножа кутера за винаходом [266], що пропонується, дозволяє покращити якість варених ковбас, оскільки сполучна тканина м'яса подрібнюється лезом, розташованим під кутом  $\alpha$  до напрямку обертання, а м'язова тканина м'яса подрібнюється подрібнювальною поверхнею 9 накладки 5, яка розташована під збільшеним кутом  $\beta$ , що позитивно відбивається на якості безструктурних м'ясних фаршів (для варених ковбас, сосисок тощо).

Використання розробленої [266] конструкції ножа кутера дозволяє суттєво зменшити експлуатаційні витрати завдяки наявності змінних лез 2 малої металоемності.

Розташування різальної кромки 10 змінного леза 2 нижче нижньої поверхні корпусу 1 дозволяє проводити переагострювання лез на плоскошліфувальних верстатах, що суттєво спрощує та здешевлює експлуатацію ножів кутера.

Відомі конструкції ножів та ножових головок кутера не дозволяють забезпечити можливість використання одного типу ножів для виготовлення безструктурних фаршів варених ковбас та структурних фаршів сирокочених ковбас. Це часто призводить до необхідності виробникам придбати різні типи ножів, що суттєво збільшує витрати на експлуатацію кутерів.

З метою розширення технологічних можливостей ножів кутера та зменшення витрат на їх експлуатацію було розроблено [284] пристрій для підвищення подрібнювальної здатності ножа кутера (рис. 5.30).

Він встановлюється на ножовому валу 1 або в ножовій головці кутера та призначений для сумісної роботи з ножом 2. Пристрій містить корпус 3, орієнтувальний елемент 4, фіксатор 5 з пружинним елементом 6. До його складу входить щонайменше один упор 7 з пружинним елементом 8 та кріпильним елементом 9. Корпус 3 має посадочну поверхню 10, робочу поверхню 11, утримуючу поверхню 12, подрібнювальну поверхню 13 та нижню поверхню 14.

Орієнтувальний елемент 4 призначений для встановлення на ножовому валу 1 або в ножовій головці кутера, він має дві бокові поверхні 16 і 17. В зоні посадочної поверхні 10 корпусу 3 наявний отвір 19 з боковими сторонами 20 і 21.

Подрібнювальна поверхня 13 виконана таким чином, що вона розташована під кутом  $\alpha$  до площини обертання ножа, при цьому значення кута  $\alpha$  лежить в межах  $\alpha=20^\circ\dots90^\circ$ .

Утримуюча поверхня 12 сполучає подрібнювальну поверхню 13 з робочою поверхнею 11 корпусу, при цьому утримуюча поверхня 12 розташована під кутом  $\beta$  до площини обертання ножа, значення кута  $\beta$  менше за значення кута  $\alpha$  ( $\beta<\alpha$ ).

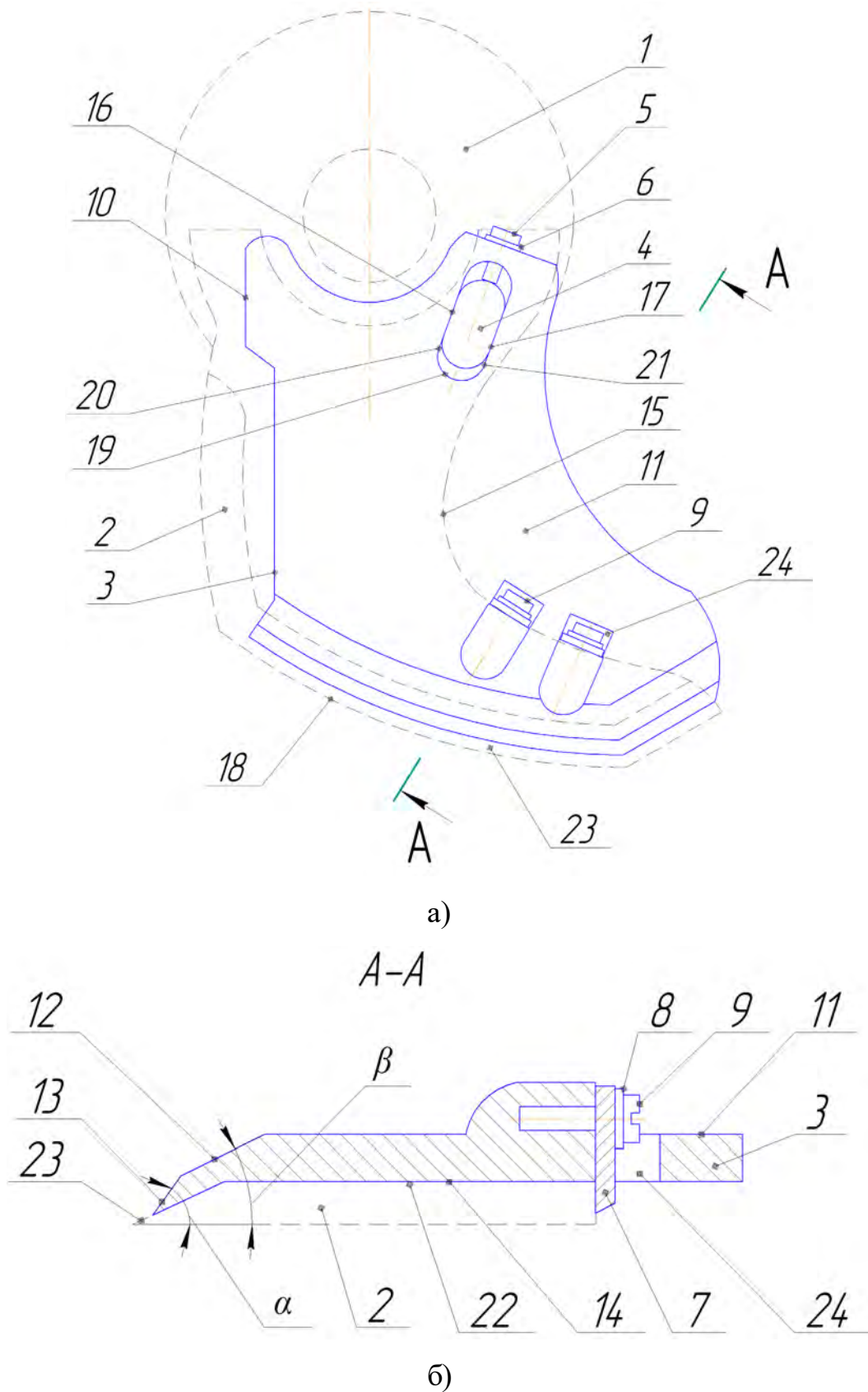


Рис. 5.30. Пристрій для підвищення подрібнювальної здатності ножа кутера розробленої конструкції

Використання запропонованого [284] пристрою дозволяє адаптувати ніж з лезом великої кривизни для подрібнення фаршів безструктурних ковбасних виробів. Розрізання сполучної тканини м'яса здійснюється в такому разі різальною кромкою ножа, а диспергування м'язової тканини м'яса – подрібнювальною поверхнею 13, яка розташована до площини обертання ножа під кутом  $\alpha=20^\circ \dots 90^\circ$ , який є більшим за кут загострення лез ножів кутера, чим досягається ефект використання ножа з лезом малої кривизни.

Використання даного пристрою [284] дозволяє використовувати в кутері для виготовлення різних фаршів тільки один тип ножів, які час від часу замінюються на нові. Самі ж пристрої для підвищення подрібнювальної здатності ножа кутера не переагострюються, а тому не потребують заміни. В результаті досягається зменшення витрат експлуатацію кутерів.

За результатами досліджень гідродинаміки сировини при кутеруванні (див. п. 3.1) було встановлено, що при роботі ножової головки кутера сировина після подрібнення одним із ножів виноситься із зони подрібнення з високою початковою швидкістю минаючи етапи подрібнення іншими ножами ножової головки. Цим значно, в кілька разів, зменшується питома продуктивність машини. Окрім цього, внаслідок високої швидкості руху, сировина при гальмуванні об стінки чаші кутера та об кришку ножової головки суттєво нагрівається (див. п. 3.1.4). Це погіршує якість отриманого продукту та зумовлює необхідність застосування спеціальних засобів охолодження фаршу (вироблення та внесення лускового льоду або використання охолоджуючих газів).

Вирішення даної проблемної задачі базувалось на використанні розробленої концепції. Відповідно до її положень ефективним рішенням вважається таке при якому нова функція в системі реалізується з найменшими витратами матеріалу, енергії та коштів за рахунок використання вже наявних в системі конструктивних елементів або силових полів. Найраціональнішим слід вважати той випадок, коли негативний чинник починає приносити позитивний результат.

В розгляданому випадку під наявними силовими полями слід розуміти високу кінетичну енергію шматків сировини після її подрібнення одним із ножів

ножової головки (див. п. 3.1.2). Цю енергію запропоновано [95, 98, 240, 302] використовувати для подрібнення сировини об нерухомі різальні елементи (ножі), які встановлені по напрямку її руху після подрібнення одним із ножів ножової головки. Будова запропонованого пристрою показана на рис. 5.31, 5.32.

В результаті стає можливим використати негативний чинник для отримання позитивного ефекту, а саме для підвищення питомої продуктивності кутера та для зменшення питомого нагріву сировини за цикл кутерування.

Пристрій статичного типу [302] для підвищення питомої продуктивності кутера складається з щонайменше одного ножа 1, який розміщений після ножової головки 2 кутера по напрямку обертання чаші 3. Кожен ніж 1 розташований переважно перпендикулярно до поверхонь 4, що заточуються, лез ножів 5 обертової ножової головки 2 при їх русі в чаші 3. Пристрій додатково обладнаний щонайменше одним тримачем 6, корпусом 7, передаточним механізмом 8 та приводом 9. При цьому кожен ніж 1 закріплений в корпусі 7 за допомогою тримача 6 з можливістю обертання навколо вертикальної вісі. Обертання кожного ножа 1 здійснюється під дією приводу 9 за допомогою передаточного механізму 8. Робота приводу 9 підпорядкована системі керування кутера. При обертанні ножової головки кутера ножі ножової головки інтенсивно відкидають відрізані пласти сировини в напрямку, наближеному до перпендикуляру до поверхонь заточок ножів, тобто - вперед і у бік чаші по напрямку її обертання.

Відрізані пласти сировини наштовхуються на ножі 1 і за рахунок своєї високої кінетичної енергії подрібнюються на них (швидкість руху пластів сировини наближена до лінійної швидкості руху точок ножа, 100-160 м/с).

Цим забезпечується додаткове інтенсивне подрібнення сировини без використання надлишкової енергії і шкідливого надлишкового нагріву, що призводить до підвищення продуктивності кутера при одночасному зменшенні його енергоспоживання та підвищення якості обробки сировини.



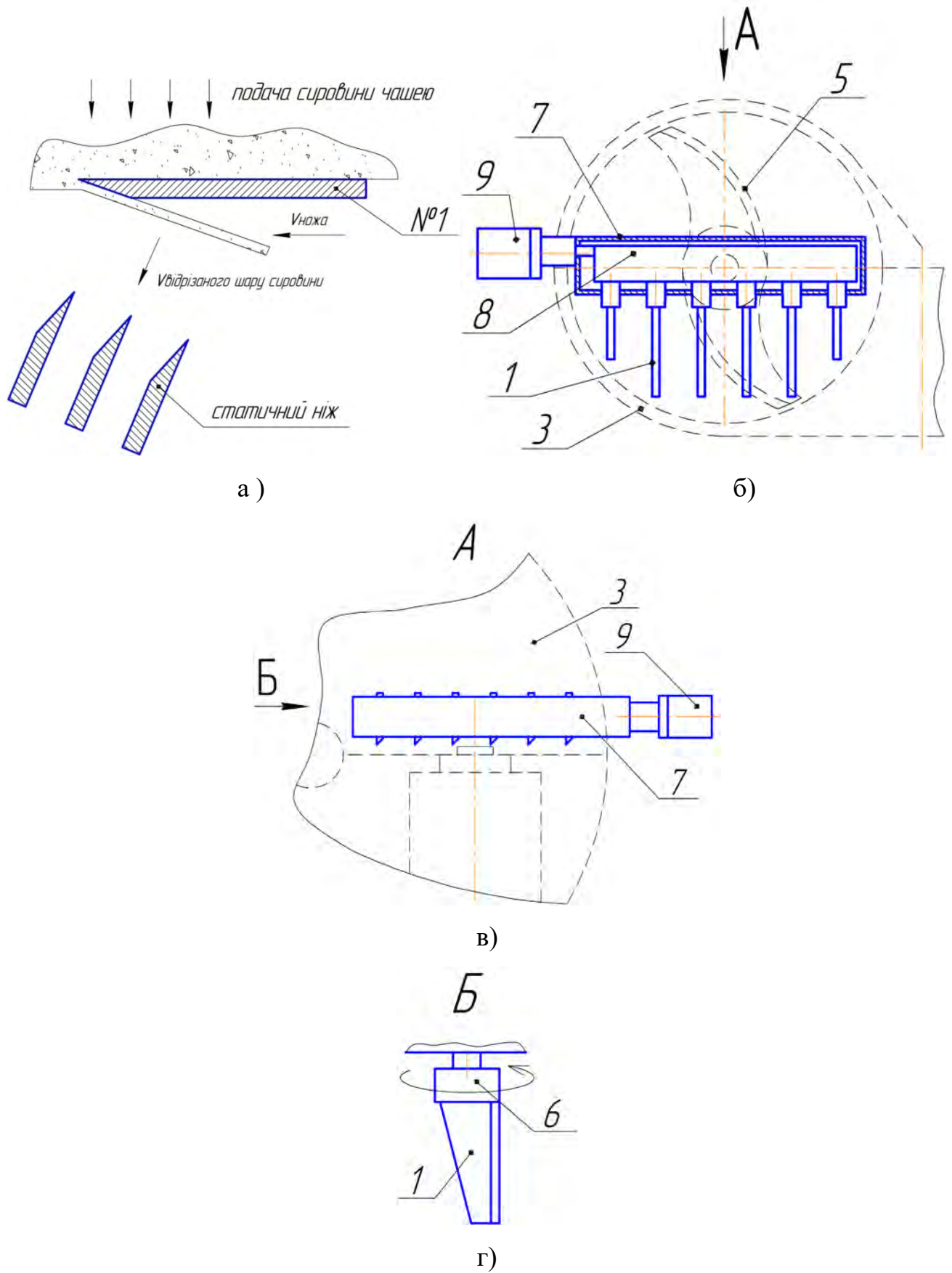
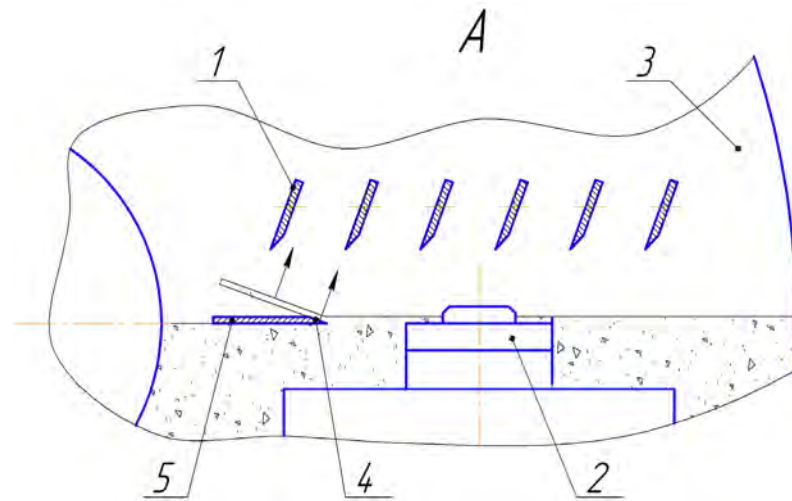
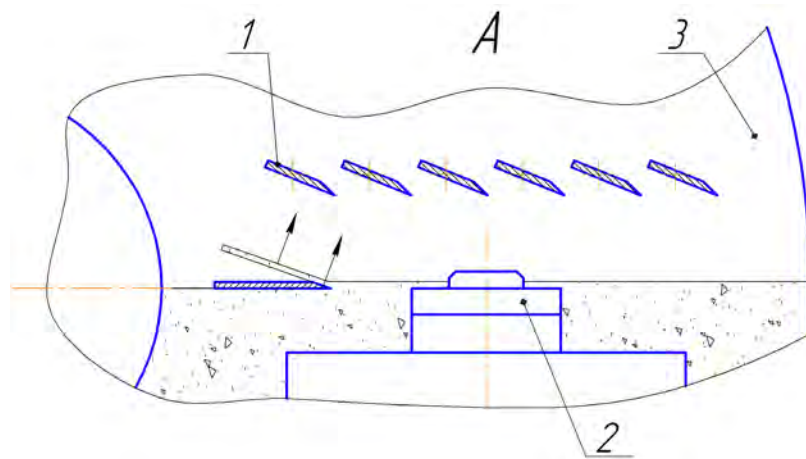


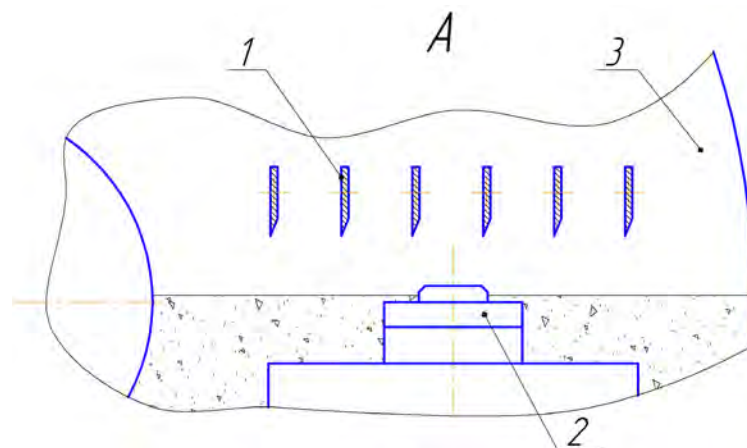
Рис. 5.31. Пристрій статичного типу для підвищення питомої продуктивності кутера: а) - схема роботи пристрою; б, г) - устрій пристрою



а)



б)



в)

Рис. 5.32. Положення елементів пристрою статичного типу для підвищення питомої продуктивності кутера при різних умовах кутерування

Виконання ножів 1 поворотними дозволяє адаптувати режими роботи пристрою для підвищення подрібнювальної здатності кутера при виготовленні фаршів різних видів ковбасних виробів, а також в межах одного циклу при початку подрібнення кускової м'ясної сировини та при фінішному емульгуванні безструктурних фаршів.

Так при подрібненні фаршів сирокочених ковбас, а також при початку кутерування кускової м'ясної сировини ножі 1 розташовуються по напрямку польоту пластів сировини (рис. 5.32, а). При цьому забезпечується подрібнення сировини шляхом її розрізання різальними крайками ножів 1. При подрібненні ж фаршів безструктурних ковбасних виробів (варених ковбас, сосисок, сардельок тощо), особливо наприкінці циклу кутерування (при емульгуванні фаршу) ножі 1 розташовуються під кутом до напрямку польоту пластів сировини (рис. 5.32, б), що сприяє подрібненню сировини шляхом диспергування при ударі. При обертанні чаші кутера без обертання ножів ножової головки ножі 1 пристрою для підвищення подрібнювальної здатності кутера розташовуються по напрямку обертання чаші кутера (рис. 5.32, в).

Передаточний механізм 8 може бути виконаний у вигляді зубчастої рейки, яка обертає шестерні тримачів 4, або у вигляді черв'ячного валу, який обертає черв'ячні колеса тримачів 4, або у вигляді приводної тяги та системи поворотних важелів, які повертають тримачі 4 тощо. Привод 9 може бути виконаний у вигляді крокового електродвигуна з редуктором або без, у вигляді гідро- або пневмоциліндру тощо.

Незважаючи на перераховані вище переваги розробленого пристрою для підвищення продуктивності кутера, йому властивий такий недолік, як неможливість подрібнення замороженої кускової сировини. Це обмежує універсальність кутера і вимагає обов'язкового попереднього подрібнення замороженої сировини на дробарці тієї чи іншої будови.

Для вирішення цієї задачі було розроблено [95, 98, 240, 283] конструкцію пристрою динамічного типу для підвищення питомої продуктивності кутера (рис. 5.33, 5.34).

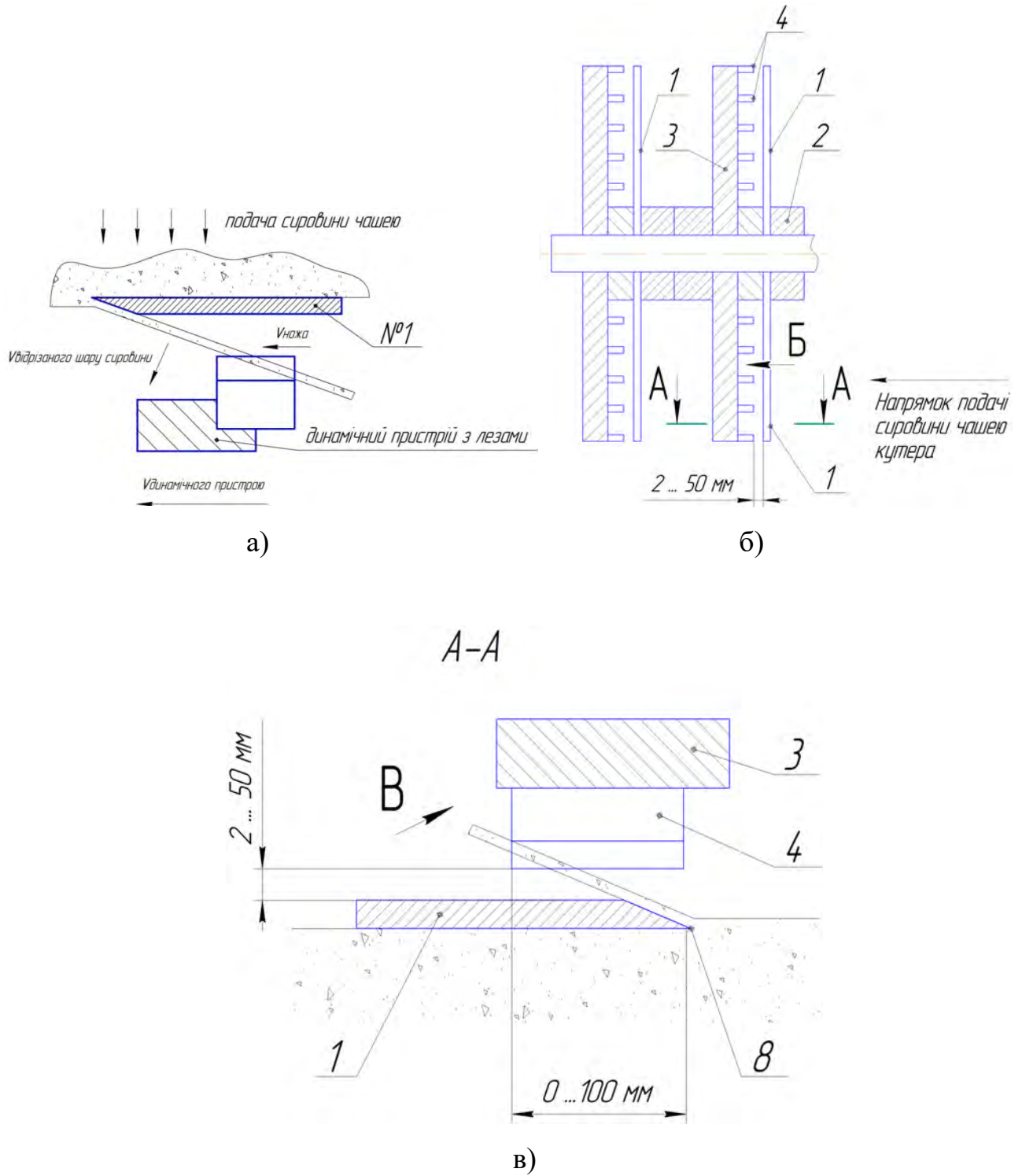


Рис. 5.33. Пристрій динамічного типу для підвищення питомої продуктивності кутера: а) - схема роботи пристрою; б, в) - устрій пристрою

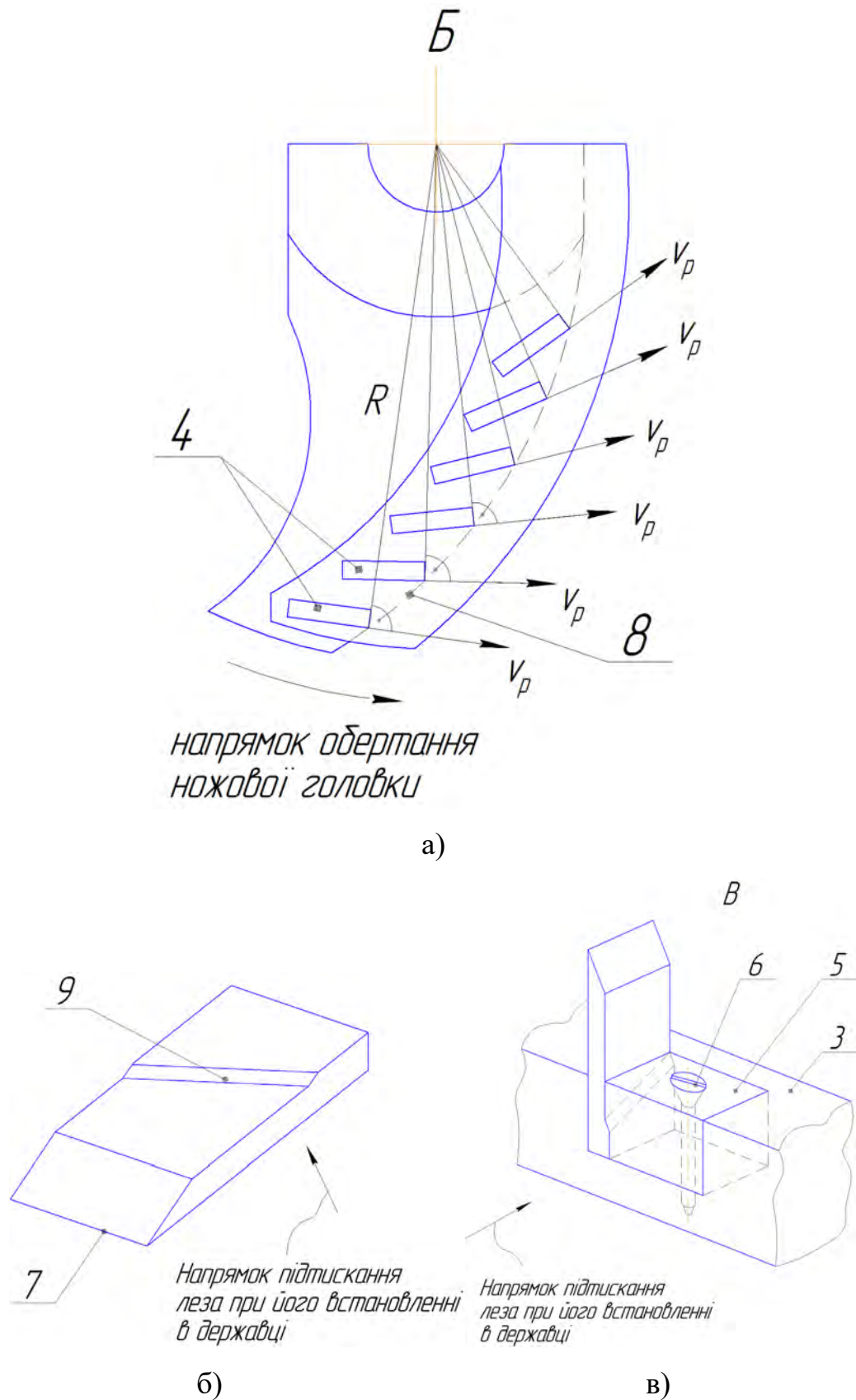


Рис. 5.34. Устрій пристрою динамічного типу для підвищення питомої продуктивності кутера

Пристрій складається [283] з щонайменше одного ножа 1, який встановлений на ножовому блоці 2. Пристрій містить щонайменше одну державку 3 з лезами 4, яка розташована після кожного ножа 1. Державка 3 містить щонайменше одне лезо 4 та елементи кріплення 5 і 6 леза до державки.

Леза виконані і розташовані в державці, а вона розташована в ножовій головці таким чином, що у фронтальній проекції ножової головки різальні крайки 7 лез простираються за різальний крайок 8 леза ножа в напрямку, зворотному напрямку обертання ножової головки, на відстань до 100 мм. Кожне лезо 4 в державці розміщено так, що його різальний крайок 7 розташований переважно по напрямку сили різання  $v_p$  на даному радіусі обертання  $R$  точок ножової головки. Державка розміщена в ножовій головці так, що леза 4 розміщені на відстані 2-50 мм від відповідного ножа 1. Кожне лезо 4 на своїй посадочній частині має похилий зкос 9, а один з елементів кріплення 5 має відповідний похилий виступ 10 і кріпиться до державки різьбовим з'єднанням 6. При закріпленні елемента кріплення 5 на державці його похилий виступ 10 взаємодіє з похилим скосом 9 леза 4, внаслідок чого лезо 4 підтискається і фіксується від зміщення на державці 3 в площині обертання державки та в перпендикулярній до неї площині.

Пристрій працює наступним чином [283]. Під час обертання ножової головки ножі 1 своїми лезами інтенсивно відкидають відрізані пласти сировини. При цьому пласт сировини на початку свого руху рухається вздовж поверхні заточки леза. Наштовхуючись з високою швидкістю на леза 4 державки 3 сировина додатково подрібнюється, чим забезпечується підвищення продуктивності кутера. Для заточування лез 4 відгвинчуються елементи кріплення 6, знімаються елементи кріплення 5 та вивільняються леза 4.

Ще однією конструкцією розробленою для підвищення питомої продуктивності кутерів та для зменшення непродуктивного нагрівання сировини є ножова головка, будова якої представлена на рис. 5.35.

Відомі конструкції бар'єрних ножів [335] не дозволяють досягти ефективного гальмування сировини в зоні подрібнення, оскільки будова та

положення таких ножів в ножовій головці не узгоджені зі швидкістю руху сировини крізь зону подрібнення. До того ж конструкція таких ножів не дозволяє забезпечити ефективне подрібнення сировини.

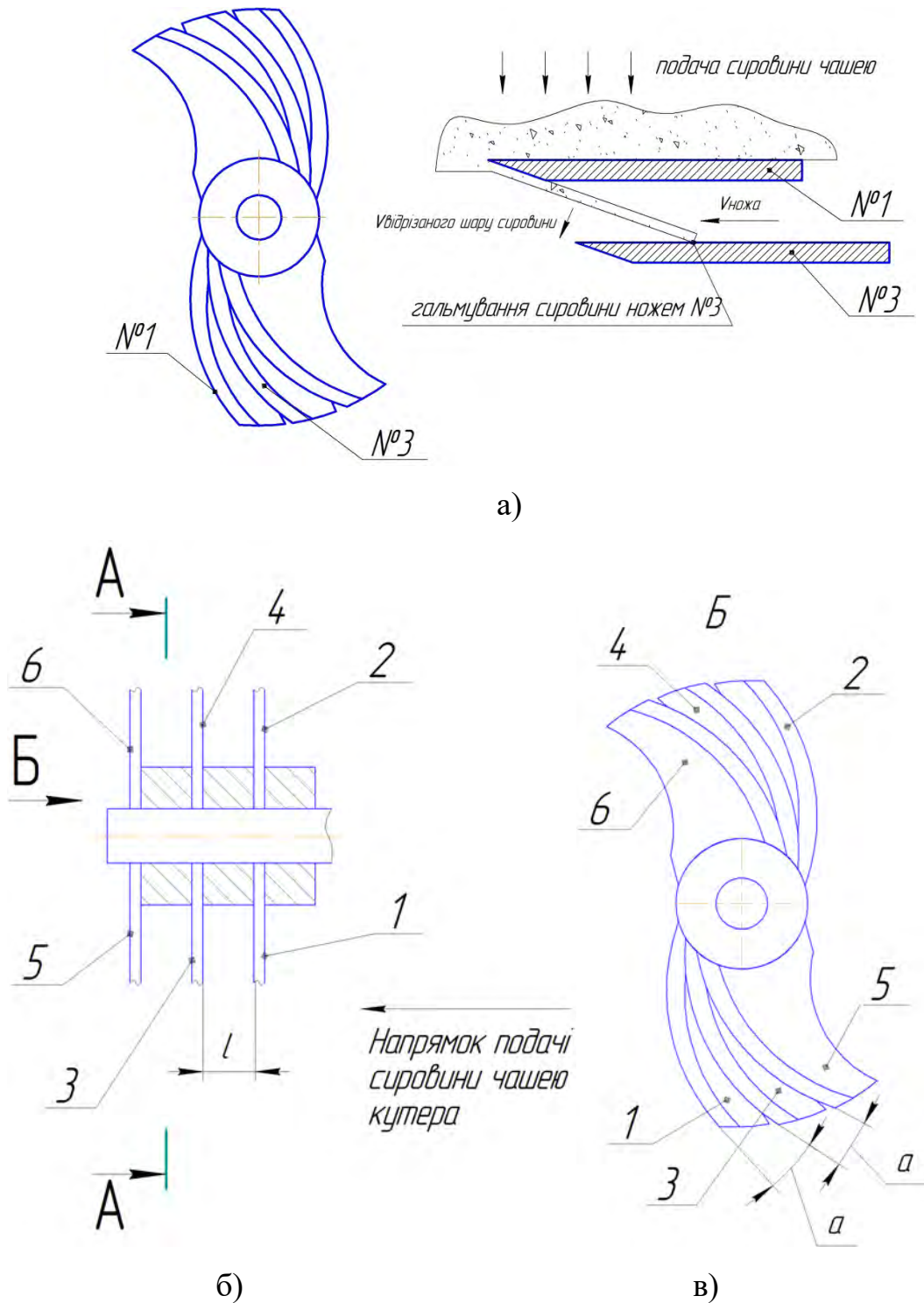


Рис. 5.35. Ножова головка для підвищення питомої продуктивності кутера:  
 а) - схема гальмування відрізнаних шарів сировини в зоні подрібнення ножами  
 ножової головки; б, в) - устрій ножової головки

Для вирішення технічної задачі бажано використовувати вже наявні в системі матеріальні ресурси та силові поля.

В даному випадку для гальмування сировини всередині ножової головки запропоновано [285] використовувати стандартні ножі наступного (по відношенню до даного) ножового блоку. Ножова головка кутера складається щонайменше з ножів 1 і 3, які розташовані в паралельних площинах обертання. Ніж 3 розташований по відношенню до ножа 1 повернутим зі зміщенням на кут  $\alpha$  у фронтальній площині. Значення кута  $\alpha$  лежить в межах  $0 \leq \alpha \leq \alpha_{\max}$ . Максимальне значення кута зміщення дорівнює:

$$\alpha_{\max} = \frac{60 \cdot l}{R_n \cdot \cos \beta}, \quad (5.4)$$

де  $l$  – відстань між двома сусідніми площинами обертання ножів, м;  $R_n$  – максимальний радіус обертання точок леза ножа, м;  $\beta$  – кут загострення леза ножа, який обертається в попередній площині обертання по напрямку подачі сировини чашею кутера.

Якщо ножова головка містить більше ножів, наприклад 1-6, то кожен ніж наступної площини обертання зміщений на кут  $\alpha$  по відношенню до відповідного ножа попередньої площини обертання.

Вказане взаємне розташування ножів [285] попередньої та наступної по напрямку подачі сировини чашею кутера площин різання призводить до того, що пласти сировини після відрізання, наприклад, ножем 1 пролітають відстань між двома сусідніми площинами різання і вдаряються об бокову поверхню ножа, який розташований у другій по напрямку подачі сировини чашею кутера площині різання, наприклад ножа 3. Через це відрізаний пласт сировини залишається в зоні різання поміж цими дома вказаними площинами різання, чим забезпечується додаткове подрібнення сировини ножами 3 і 4, тобто підвищується продуктивність кутера.



Взаємне розташування ножів згідно формули винаходу при  $\alpha=0$  дозволяє забезпечити більш просту конструкцію ножової головки, а саме – усі ножові блоки, що розташовуватимуться в паралельних площинах, будуть мати однакові посадкові поверхні. Натомість взаємне розташування ножів згідно формули винаходу при  $\alpha=\alpha_{max}$  дозволяє забезпечити найбільш повне утримання сировини в зоні різання поміж двома сусідніми площинами обертання, що найбільш ефективно підвищує продуктивність кутера.

Відповідно до результатів, наведених в п. 3.1, існуючі способи термічної обробки ножів не в змозі забезпечити виконання низки вимог до них, які в певному сенсі суперечать одна іншій - високої твердості ножа (для забезпечення підвищеної зносостійкості леза, підвищеної втомної міцності корпусу та покращеної корозійної стійкості) і в той же час підвищеної в'язкості корпусу ножа з метою покращення стійкості ножа при ударних навантаженнях [242, 243, 245].

З метою вирішення означеної проблеми розроблено новий спосіб зміцнення ножів кутера [334]. Він полягає в тому (рис. 5.36), що спочатку проводиться відпалювання всього ножа на всю глибину, потім його нормалізація або поліпшення до твердості HB 200-350 на всю глибину. Після цього здійснюється загартування леза 1 на всю глибину до твердості HRC<sub>e</sub> 52-66 з відповідним відпуском (наприклад, за допомогою індукційного загартування струмами високої частоти, плазмового загартування або ін.).

Потім проводиться поверхневе зміцнення інших ділянок 4, 5 ножа на глибину 0,03-2 мм (високочастотним механічним проковуванням (див. п. 4.3.1)).

Далі здійснюється полірування всіх поверхонь ножа, включаючи лезо 1, робочу частину 2, посадочну частину 3 та тильну кромку 4, яка призначена для перемішування сировини під час реверсного обертання ножа.

При цьому загартування леза 1 підвищує його зносостійкість. Нормалізація або поліпшення серцевини 6 посадочної частини 3 та серцевини 6 робочої частини 2 ножа підвищує його в'язкість, що є сприятливим для умов роботи ножа при кутеруванні (ударне навантаження).

Зміцнення поверхневих шарів 5 робочої частини 2 ножа підвищує втомну міцність та корозійну стійкість цих ділянок. Зміцнення поверхневих шарів 5 посадочної частини 3 підвищує їх опір корозії та зношуванню в умовах фретингу. Полірування всіх поверхонь ножа підвищує їх втомну міцність та корозійну стійкість. В результаті стає можливим найбільш ефективно поєднання робочих властивостей ножа кутера в порівнянні з відомими аналогами.

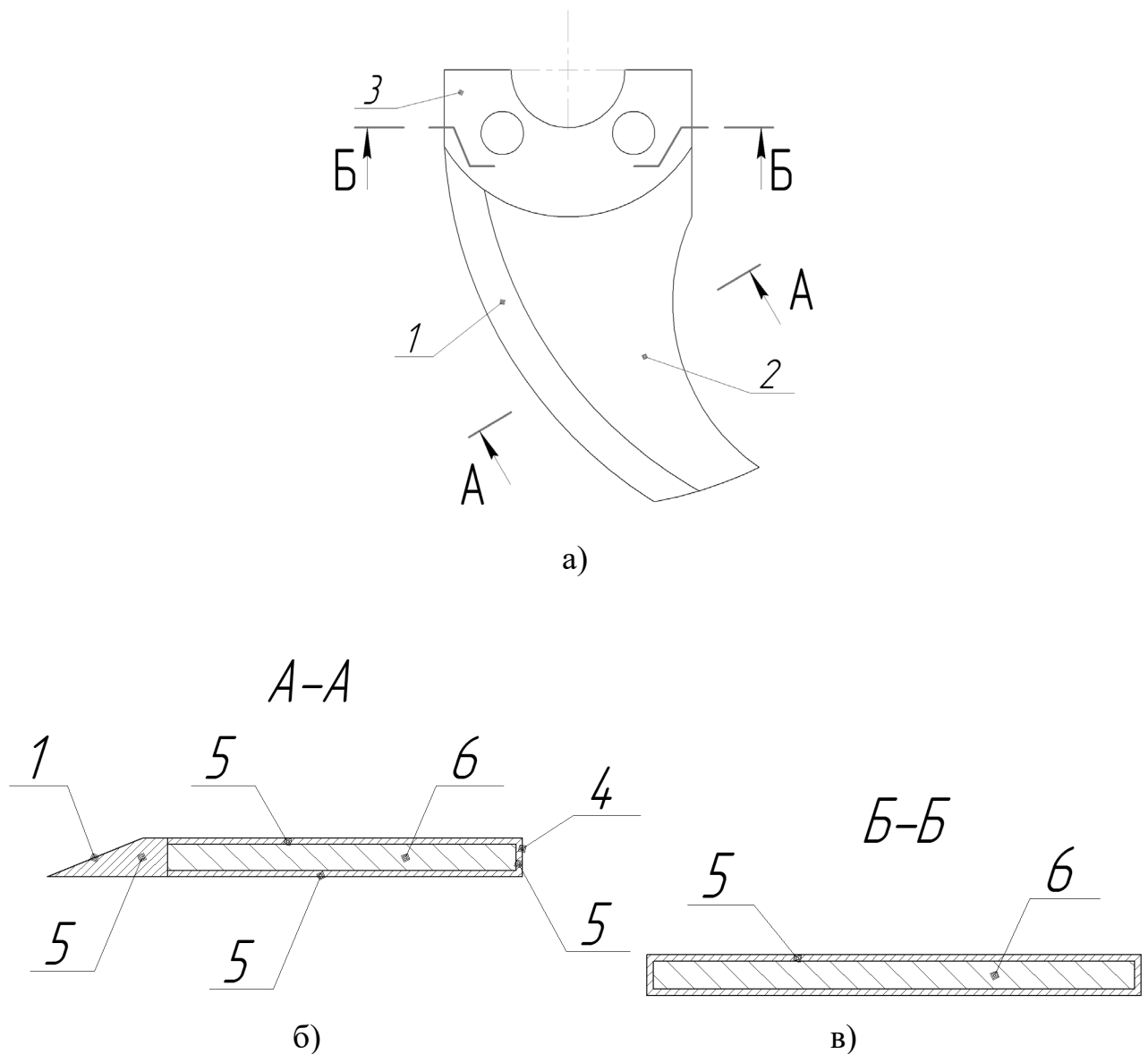


Рис. 5.36. Будова ножа кутера, зміцненого за розробленим способом:

а) - загальний вигляд ножа; б) - поперечний переріз робочої частини ножа; в) - поперечний переріз посадочної частини ножа; 1 – лезо; 2 – робоча частина; 3 – посадочна частина; 4 – тильна кромка; 5 – поверхневі шари робочої частини; 6 - , серцевина

В результаті досліджень гідродинаміки сировини при кутеруванні встановлено [269] (п. 3.1.3), що, на відміну від відомих уявлень (рис.3.29, а), при обтіканні верхньої частини профілю ножа потік сировини після руху по заточці леза огинає верхню горизонтальну сторону ножа, не контактуючи з нею (рис. 3.293, б).

Встановлені нові відомості дозволили запропонувати [269, 272, 277, 258, 43, 95] новий шлях підвищення міцності ножів – диференційоване підвищення їх товщини (рис. 5.37, а). При цьому забезпечується [277] одночасне виконання двох наведених вище вимог – малий нагрів сировини за рахунок малої товщини леза в зоні контакту із сировиною та вища міцність ножа за рахунок збільшеної товщини в задній, найбільш напруженій, частині ножа, яка не контактує із сировиною.

З урахуванням розробленої в п. 5.1 конструкції ножа (рис. 5.19) було розроблено конструкцію, наведену на рис. 5.19, б. Така будова дозволяє очікувати одночасного досягнення підвищення продуктивності кутера, зменшення нагріву сировини та підвищення міцності ножа.

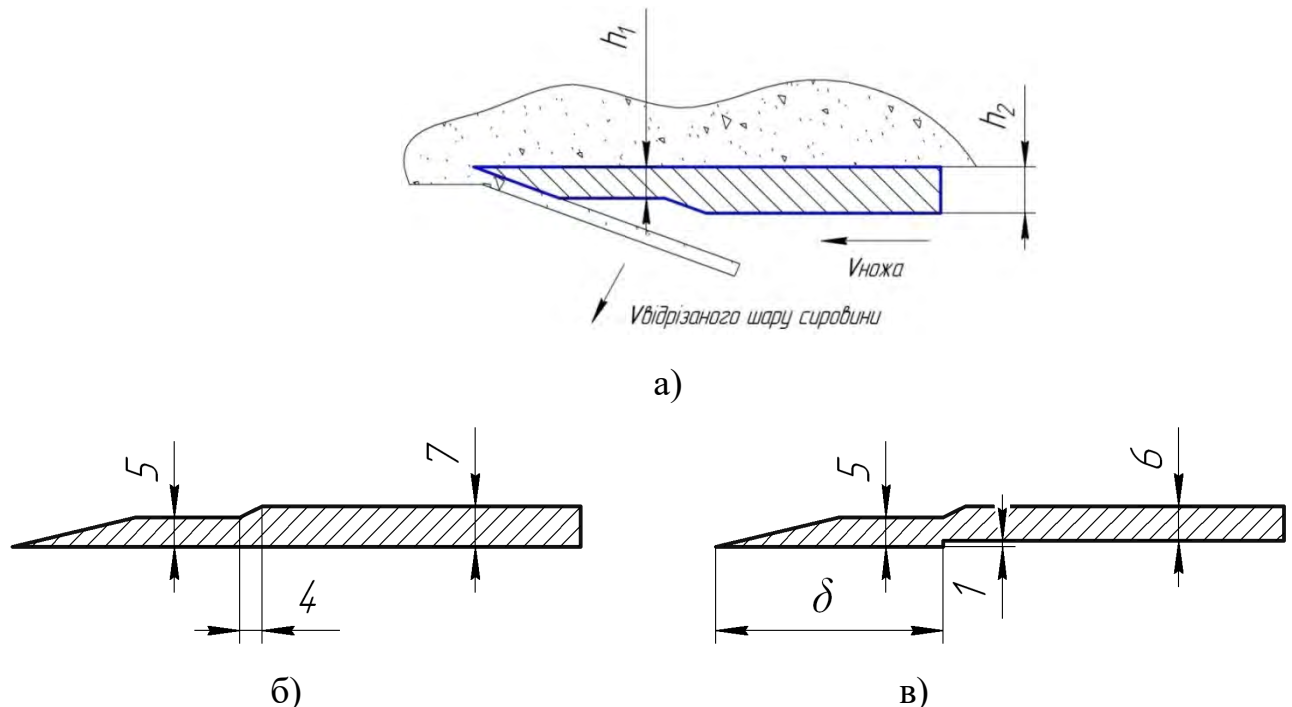


Рис. 5.37. Схема роботи та види поперечних перерізів ножів різної будови ( $R_{n,max}=0,3$  м): а) - схема роботи ножа; б) – тип I; в)– тип II.

Було проведене [269, 272] чисельне моделювання напружено-деформованого стану ножів розроблених конструкцій. При моделюванні значення лобового тиску визначалось відповідно до даних, наведених в п. 4.2.1, за умови обертання ножа радіусом 300 мм із частотою  $4500 \text{ хв}^{-1}$ . Воно задавалось в межах від 526419 Па до 2866694 Па по довжині леза. Тиск на бокову поверхню ножа приймався рівним 6 кПа, товщина ножа – 5 мм. В якості матеріалу моделі обрано сталь леговану із межею текучості 620,4 МПа.

Результати чисельного моделювання (значення напружень  $\sigma_{max}$  та коефіцієнту запасу міцності  $K_{з.м.}$ ) наведено в таблиці 5.5, а їх візуалізацію – на рис. 5.39.

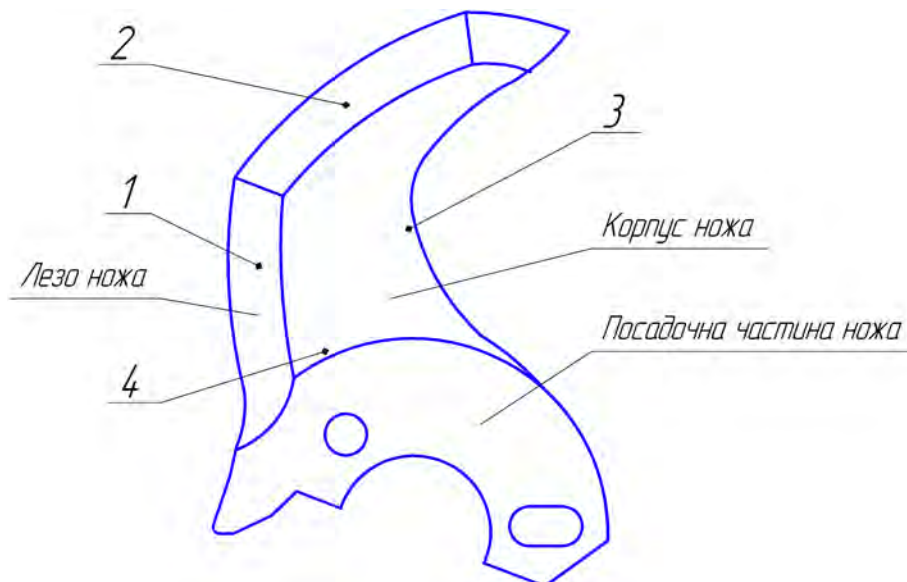


Рис. 5.38. Номери точок ножа

Таблиця 5.5

### Значення напружень в ножах різної будови

№ точки ножа (згідно рис. 5.38)	Ножі перемінної товщини			
	типу I		типу II	
	$\sigma_{max}$ , МПа	$K_{з.м.}$	$\sigma_{max}$ , МПа	$K_{з.м.}$
1	50,8	12,2	55,6	11,2
2	50,3	12,3	54,1	11,5
3	26,9	23,1	30,6	20,3
4	74,2	8,4	76,2	8,1

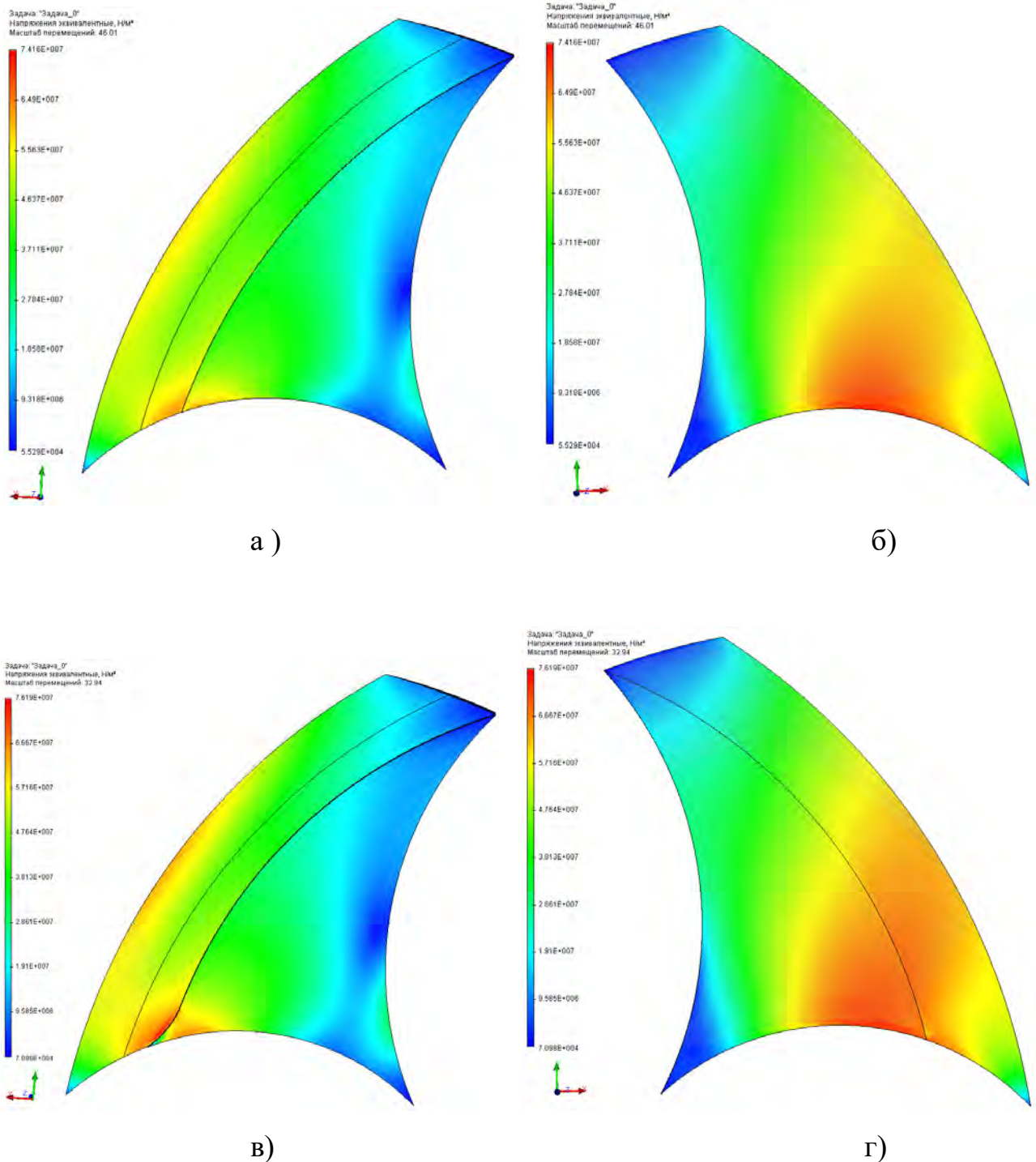


Рис. 5.39. Візуалізацыя напружанага стану ножів рэзінвай конструцыі:  
а) – тыпу I (верхня бокава сторона); б) – тыпу I (ніжня бокава сторона);  
в) – новай конструцыі тыпу II; г) – тыпу II (ніжня бокава сторона).

Запропонованыя конструцыі нажа дазваляюць суттэва павысіць іх міцнасць у найбольш напружаных дзялянках, у якіх найчасцішэ і адбываецца руйнуванне нажаў (див. п. 4.1). Конструцыя нажа, наведана на рис. 5.37, б адначасна із

зменшенням нагріву сировини дозволяє підвищити його міцність в точках 3 і 4 на 34% і 24,5% відповідно.

Окрім того, стає можливим зменшити напруження в точках 3 і 4 і у порівнянні із ножем стандартної будови на 10,1% і 17,4% відповідно. Це доводить раціональність прийнятих в роботі рішень та перспективність використання ножів розроблених конструкцій, які володіють підвищеною міцністю (в тому числі при обробці кускової та замороженої сировини) та які обумовлюють менший нагрів фаршу при емульгуванні.

Ефективність запропонованих технічних рішень була перевірена в промислових умовах. Вплив конструктивного виконання елементів ножової головки на продуктивність, енергоспоживання та працездатність кутерів Laska наведено в таблиці 5.6 та на рисунку 5.40.

Таблиця 5.6

#### Числові значення підвищення досліджуваних показників

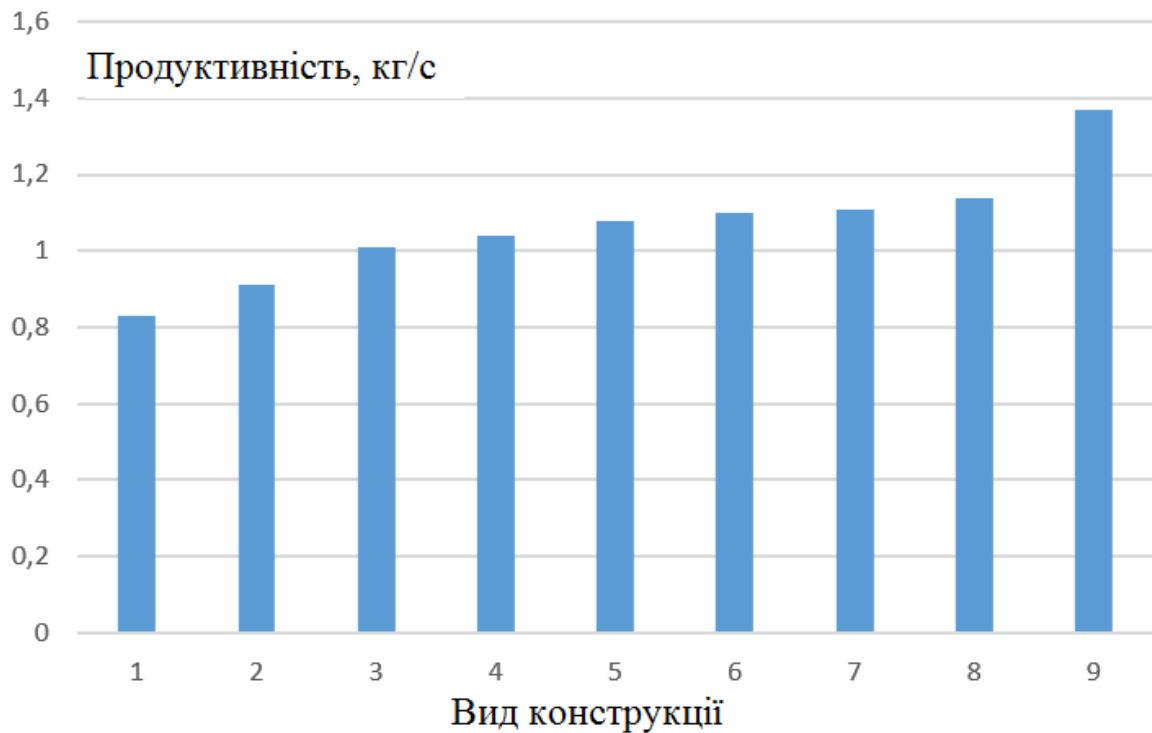
Вид вдосконаленого елементу конструкції	Приріст питомої продуктивності кутера, разів	Зміна нагріву сировини $\Delta t$ , °C	Зміна органолептичних властивостей, балів	Зміна енергоспоживання, разів	Підвищення міцності, разів
Статичний пристрій (Рис. 5.32)	1,65	-4	-	-	-
Динамічний пристрій (Рис. 5.34)	1,38	-2	-	1,65	-
Ножовий блок зміщений (Рис. 5.36)	1,32	-3	-	1,78	-

Таблиця 5.6

Продовження

Вид вдоскона- леного елементу конструкції	Приріст питомої продуктивності кутера, разів	Зміна нагріву сировини $\Delta t$ , °C	Зміна органолептичних властивостей,	Зміна енергоспоживанн я, разів	Підвищення міцності, разів
Ніж із пазом (Рис. 5.19, 5.20)	1,1	-1	-	1,08	-
Ніж похилий (Рис. 5.28)	1,22	-1	-	1,17	-
Ніж збірний (Рис. 5.30)	1,34	-2	+1	1,07	-
Ніж дисковий (Рис. 5.29)	1,30	-2	+1	1,28	-
Накладний пристрій (Рис. 5.31)	1,25	-	+2	1,11	-
Ніж ступінчатий (Рис 5.38)	-	-	-	-	2,2
Ніж зміцнений (Рис. 5.37)	-	-	-	-	2,54

Розрахунок економічного ефекту від впровадження розроблених технічних рішень з вдосконалення кутерів наведений в додатку Д.



а)



б)

Рис. 5.40. Вплив конструктивного виконання елементів ножової головки на продуктивність та питома енергоспоживання кутера: а) – продуктивність; б) – питома енергоспоживання; 1 – стандартна ножова головка; 2 – ніж із пазами; 3 – ніж похилий; 4 – накладний пристрій; 5 – ніж дисковий; 6 – ножовий блок зміщений; 7 – ніж збірний; 8 – динамічний пристрій; 9 – статичний пристрій



### 5.2.2 Вдосконалення конструкції вовчків

Запропоновано нову конструкцію м'ясорізального вовчка [267, 130, 101], яка має підвищену продуктивність, можливість безступінчасто змінювати ступінь подрібнення сировини без зупинки машини, а також підвищену надійність роботи при переробці твердої та в'язкої м'ясної сировини.

Вовчок [130] включає (рис. 5.41) станину 1, бункер 2, всередині якого розміщено робочий шнек 3 для подрібнення замороженої сировини. Робочий шнек 3 має витки зі змінним кроком (витки 4 зі збільшеним значенням кроку для подрібнення замороженої сировини у блоках та витки 5 зі зменшеним значенням кроку для нагнітання сировини до різального вузла), він може бути багатозаходним (мати три заходи 6, 7 і 8 тощо) і мати вал перемінного діаметру (зменшеного діаметру у зоні витків зі збільшеним кроком та збільшеного діаметра в зоні витків зі зменшеним кроком).

З боку робочого шнеку 3, який має витки зменшеного кроку, встановлено різальний комплект 9, ножі якого обертаються разом із робочим шнеком 3.

Деталі різального комплекту 9 кріпляться пристроєм 10 фіксації різального комплекту. Кожна перфорована решітка 11 різального комплекту 9 може мати форму кільця. Різальний комплект 9 сполучений патрубком 12 зі всмоктувальною частиною насоса 13.

Головними елементами насоса 13 є зубчасте колесо 14 з внутрішнім зачепленням, зубчасте колесо 15 із зовнішнім зачепленням та роздільник 16.

Подаюча частина насоса 13 сполучена з патрубком 17, який може мати прямолінійну, криволінійну або складну просторову форму. Всередині патрубку 17 розташовано ножовий вал 18, на виході з патрубку 17 встановлено додатковий різальний комплект 19, ножі якого приводяться в обертання за допомогою ножового вала 18. Деталі додаткового різального комплекту 19 кріпляться пристроєм 20 фіксації додаткового різального комплекту.

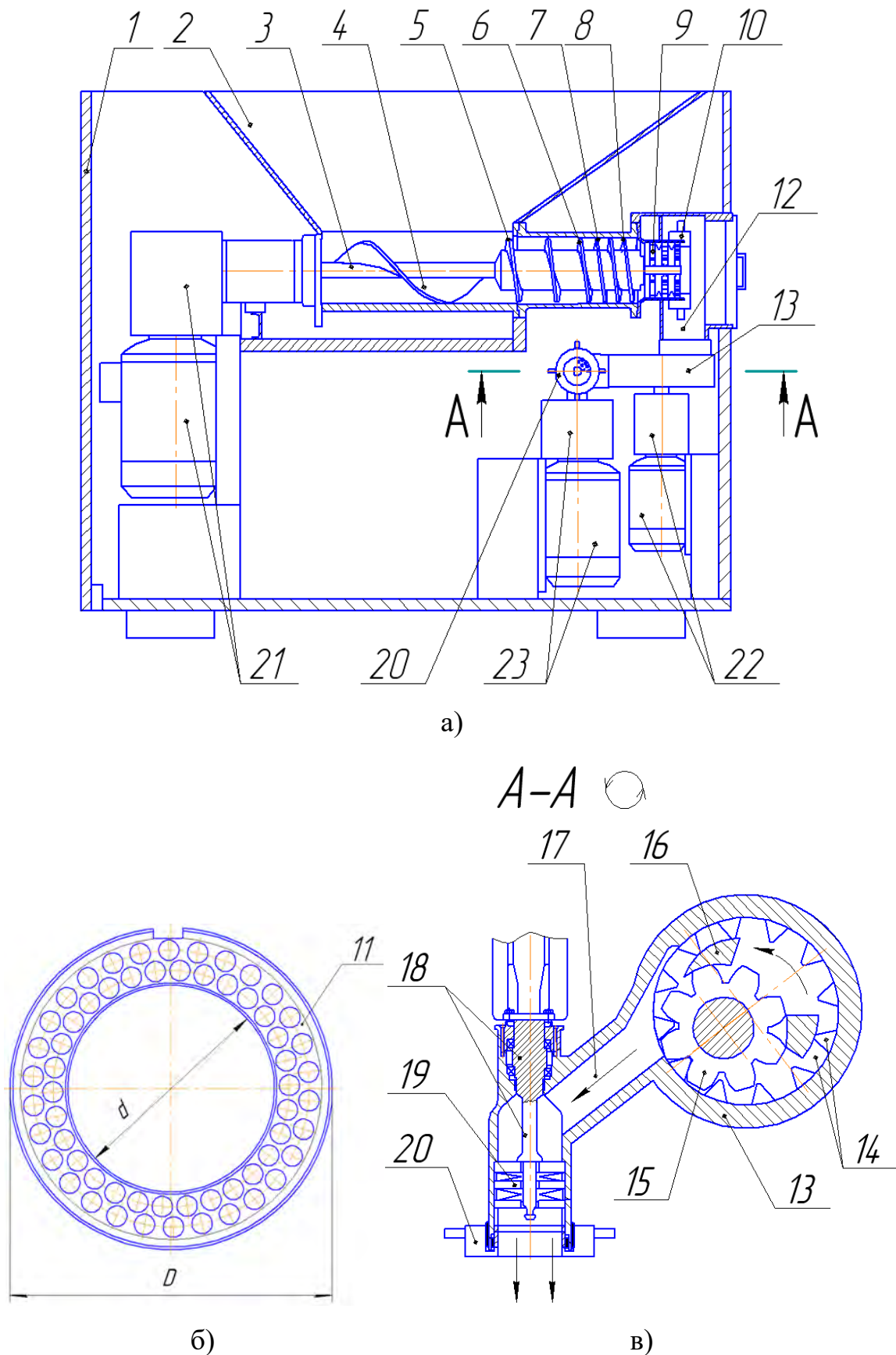


Рис. 5.41. Вовчок підвищеної питомої продуктивності з шестеренним ВПС:  
 а) – будова вовчка; б) – кільцева решітка РВ попереднього подрібнення; в) – шестеренний ВПС та РВ кінцевого подрібнення

Робочий шнек 3 приводиться в дію приводом 21 робочого шнека. Насос 13 приводиться в рух за приводом 22 насоса. Ножовий вал 18 приводиться в обертання приводом 23 ножового вала.

М'ясорізальний вовчок працює так. Сировина (наприклад, заморожені м'ясні блоки) поступає в бункер 2, всередині якого вона захоплюється робочим шнеком 3 і попередньо подрібнюється шляхом затиснення між витками 4 із великим кроком та стінками бункера 2. Отримані при цьому шматки м'яса захоплюються витками 5 зі малим кроком та нагнітаються до різального комплекту 9.

Виконання робочого шнека 3 багатозаходним (наприклад із заходами 6, 7 і 8) та з валом перемінного діаметру (який збільшений в зоні витків 5, що мають малий крок) дає можливість забезпечити його високу продуктивність і одночасно з цим – достатньо високе значення нагнітального тиску. Сировина після подрібнення різальним комплектом 9 потрапляє до патрубку 12, з якого вона потрапляє до всмоктувальної частини насоса 13. Під дією обертових зубчастих коліс 14 і 15 насоса 13 сировина під підвищеним тиском потрапляє до патрубка 17. При цьому, завдяки наявності роздільника 16 сировина не перетирається зубчастими колесами 14 і 15. В патрубку 17 сировина розподіляється рівномірно по його діаметру та подається до додаткового різального комплекту 19. Його ножі приводяться в дію за допомогою ножового вала 18. При цьому сировина остаточно подрібнюється та вивантажується з машини.

Застосування насосу 13 дає змогу забезпечити ефективну подачу м'ясної сировини кожної миті по усій площі решіток додаткового різального комплекту 19, на відміну від шнеків, що застосовуються у відомих конструкціях вовчків. Завдяки цьому суттєво підвищується продуктивність машини.

Застосування насосу 13 в конструкції вовчка також створює можливість підвищити тиск нагнітання сировини і, таким чином, підвищити надійність роботи вовчка при переробці твердого м'яса та в'язких фаршів.

Застосування індивідуальних приводів 21, 22, 23 дає змогу змінювати режими роботи вовчка в широких межах і безступінчасто міняти ступінь

подрібнення сировини додатковим різальним комплектом 19 без зупинки машини. Використання решіток 11 кільцевої форми дозволяє [247] підвищити продуктивність вовчка.

Незважаючи на описані вище переваги вовчка, який зображено на рис. 5.40, йому властивий такий недолік, як складна конструкція. Означену конструкцію складно застосувати для вовчків середньої та малої продуктивності через невеликі габарити цих машин. Зважаючи на це розроблено [267] іншу конструкцію м'ясорізального вовчка, яка також володіє суттєво вищою питомою продуктивністю (рис. 5.42, 5.43).

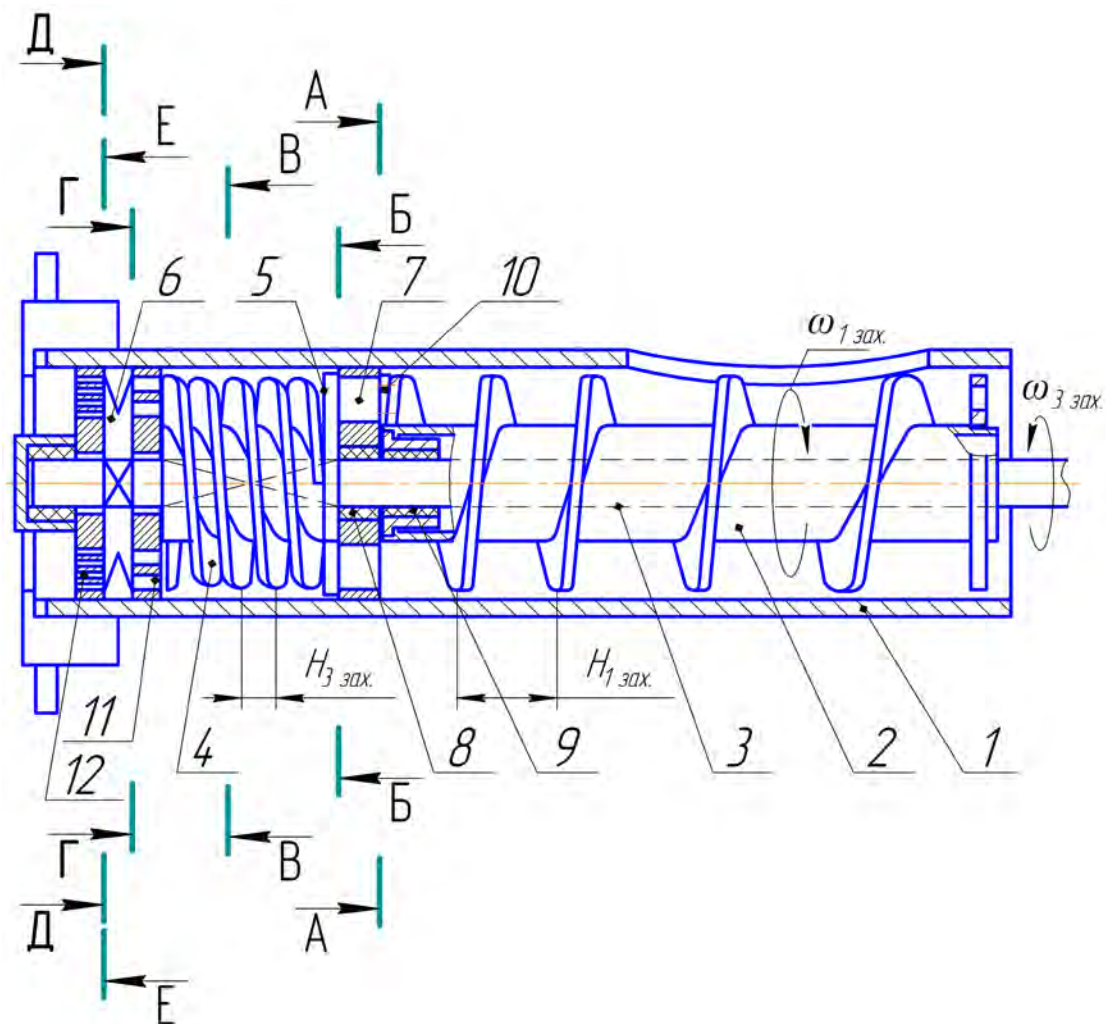


Рис. 5.42. Конструкція вовчка з підвищеною продуктивністю, який має два коаксіальні шнеки

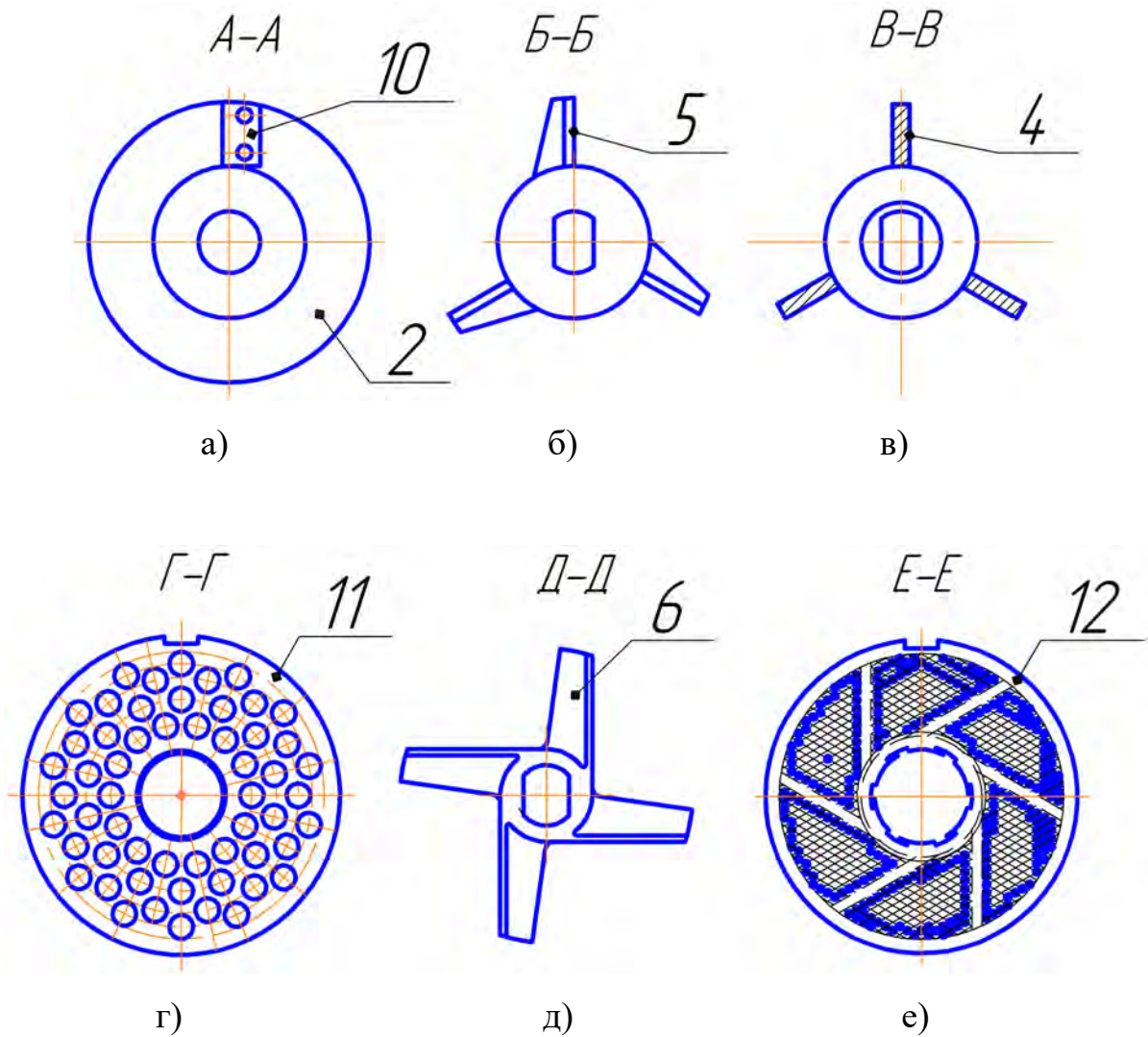


Рис. 5.43. Конструкція вузлів вовчка підвищеної продуктивності, який має два коаксіальні шнеки: а) – змінне лезо, яке встановлене на першому шнеку; б) – ніж попереднього подрібнення; в) – другий шнек, який має три заходи; г) – приймальна решітка кінцевого подрібнення; д) – ніж кінцевого подрібнення; е) – вихідна решітка кінцевого подрібнення

З робіт [130, 339] відомо, що використання роздільного приводу робочого шнека вовчка і ножів дає можливість забезпечити кілька переваг. Вовчок розробленої конструкції складається з робочого циліндра 1, в якому обертається перший шнек 2, крізь порожнину якого проходить вал 3. Шнек 2 може мати один або два заходи. На валу 3, співвісно до шнека 2, розташований другий шнек 4, який може мати два або три заходи.

Також спільно із валом 3 обертаються ніж попереднього подрібнення 5 та ніж кінцевого подрібнення 6. Задля центрування вала 3 і шнека 2 слугує решітка 7 попереднього подрібнення, в центральному отворі якої, а також в порожнині шнека 2 розміщено підшипники ковзання 8 і 9.

Попереднє подрібнення м'ясної сировини проводиться лезом 10, яке закріплене на витку шнека 2, решіткою попереднього подрібнення 7, а також решіткою 7 і ножем 5. Кінцеве подрібнення проводиться ножем 6 з приймальною решіткою 11, а також ножем 6 з вихідною решіткою 12.

Привод шнека 2 і вала 3 реалізується від одного електродвигуна за допомогою відповідної передачі або від двох окремих електродвигунів (не показано).

М'ясорізальний вовчок працює так [267]. Завдяки обертанню шнеків 2 і 4 назустріч, а також завдяки наявності вузла попереднього подрібнення (поз. 10, 7, 5) при русі м'ясної сировини в робочому циліндрі 1 до шнека 4 розмір її шматків істотно зменшується. Це дає змогу сировині ефективно заповнювати міжвитковий простір трьохзаходного шнека 4, крок між витками якого  $H_{3зах.}$  є суттєво меншим за крок  $H_{1зах.}$  шнека 2.

Виконання шнека 4 трьохзаходним із малим кроком  $H_{3зах.}$  дозволяє забезпечити подачу сировини кожної миті по усій робочій поверхні решіток 11 і 12, а також створити високий нагнітальний тиск (це важливо при використанні вихідної решітки 12 з мілкими отворами).

Як результат, досягається істотно вища питома продуктивність вовчка порівняно з відомими конструкціями. При цьому складність конструкції, її габарити та спосіб експлуатації такого вовчка фактично не змінюються порівняно з аналогами.

Також було досліджено ефективність подрібнення м'ясної сировини при її подачі до різального вузла вовчка за допомогою ексцентриково-лопатевого насосу. Було встановлено [267], що продуктивність вовчкової насадки становила: при застосуванні вихідної решітки з отворами діаметром 8 мм – 5320 кг/год; при

використанні вихідної решітки з отворами  $\varnothing 3$  мм – 4600 кг/год. Зношування лез ножа при цьому відмічалось, як достатньо рівномірне (рис. 5.44) [267].

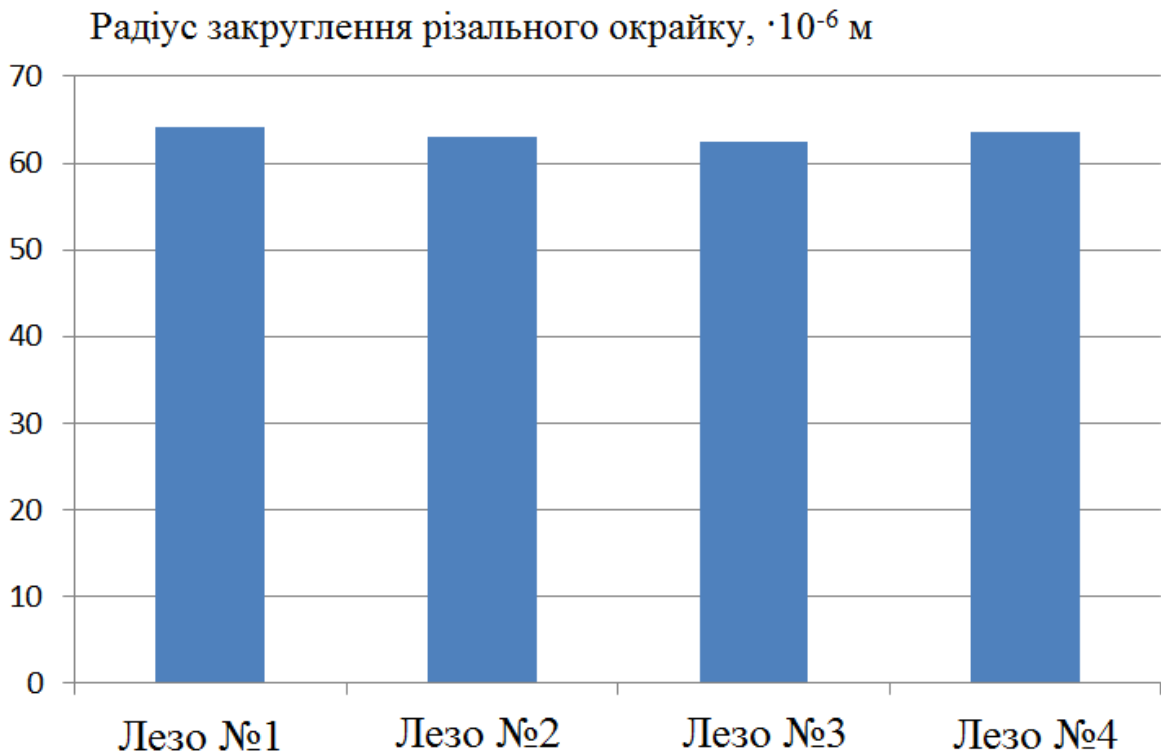


Рис. 5.44. Залежність радіусу закруглення різального крайку лез ножа різального вузла шприца марки Handtmann VF 628

Ще одним шляхом покращення питомої продуктивності вовчків є використання двозаходного шнеку для подачі м'ясної сировини до різального вузла. Було виготовлено двозаходний шнек для вовчка АЛ-130 з кутом нахилу останніх витків  $\alpha=8^\circ$ . Графіки залежності величини зношування різальних крайків лез ножа при використанні такого шнеку наведено на рис. 5.45, а коефіцієнти рівняння регресії (5.5) наведені в таблиці 5.7 [267].

Одержані експериментальні дані [267] були апроксимовані методом найменших квадратів наступною лінійною функцією:

$$y = a + b \cdot x, \quad (5.5)$$

де  $y$  – значення радіуса закруглення леза, мкм;

$x$  – номер леза ножа;

$a, b$  – коефіцієнти регресії (таблиця 5.7).

Таблиця 5.7

**Коефіцієнти рівняння регресії**

Вовчок АЛ-130 із двозаходним шнеком								
Коефіцієнти регресії	від приймальної решітки				від вихідної решітки			
	Лезо 1	Лезо 2	Лезо 3	Лезо 4	Лезо 1	Лезо 2	Лезо 3	Лезо 4
<i>a</i>	22,18	22,18	22,18	22,18	22,18	22,18	22,18	22,18
<i>b</i>	4,52	3,48	0,70	0,29	4,16	2,51	0,62	0,05

Застосування двозаходного шнека у вовчку АЛ-130 привело до чітко фіксованої зміни результатів вимірювання радіусу закруглення різальних крайків різних лез ножа [267].

Як слідує з рис. 5.45, застосування шнеку з двома заходами забезпечує більш рівномірну подачу сировини по всій площі решіток кожної миті. В даному випадку мова йде про майже рівномірну подачу сировини по робочій поверхні решіток шнеком м'ясорізального вовчка [267].

Даний результат можна пояснити наявністю двох зон ефективної подачі сировини, кожна з яких відповідає власному заходу шнеку (рис. 5.46). Отже, використання двозаходного шнеку створює можливість підвищити продуктивність вовчка до 84%.

Дослідження [267] якості обробки сировини здійснювалось для вовчка моделі АЛ-130 стандартної конструкції та для вакуумного шприца моделі Handtmann VF 628. Зовнішній діаметр решіток їх різальних вузлів складав 130 мм, при цьому м'ясна сировина у вовчку АЛ-130 нагніталась до різального вузла однозаходним шнеком, а в шприці Handtmann VF 628 – ексцентриково-лопатевим насосом одночасно по всій площі решіток. Значення температури сировини, яка використовувалась для вареної ковбаси «Лікарська» вищого гатунку до та після подрібнення наведені в табл. 5.8. Як слідує з отриманих даних, температура м'ясної сировини після подрібнення шприцом Handtmann VF 628 є вищою лише на 0,1°C (майже в межах похибки) порівняно з подрібненням на вовчку АЛ-130.



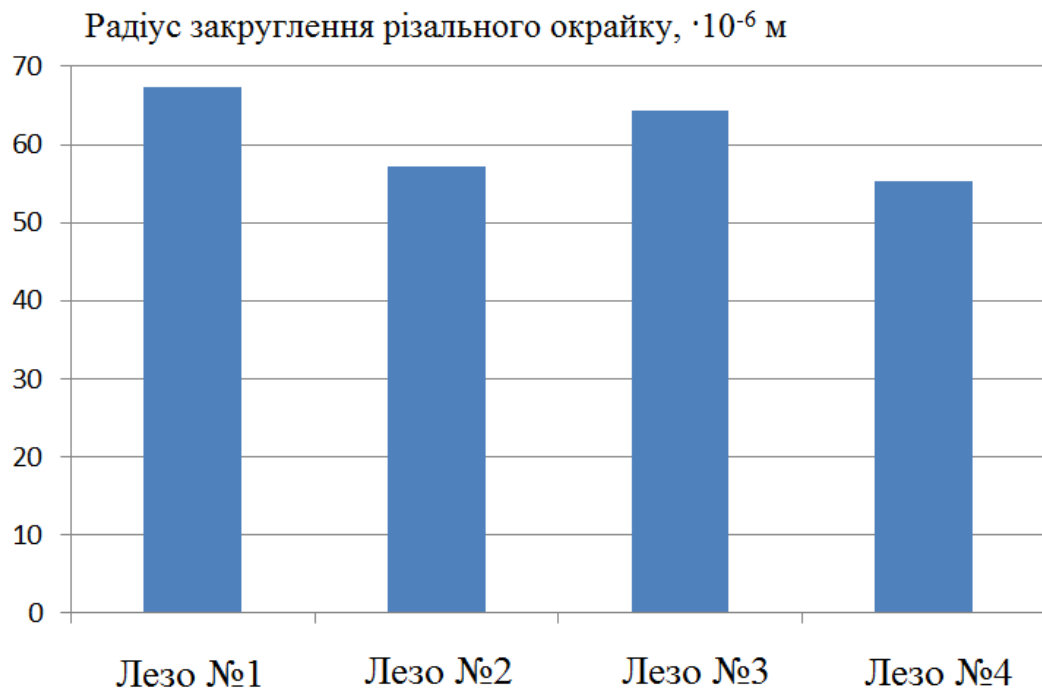


Рис. 5.45. Залежність радіусу закруглення різальних крайків ножа вовчка АЛ-130 при використанні шнеку з двома заходами

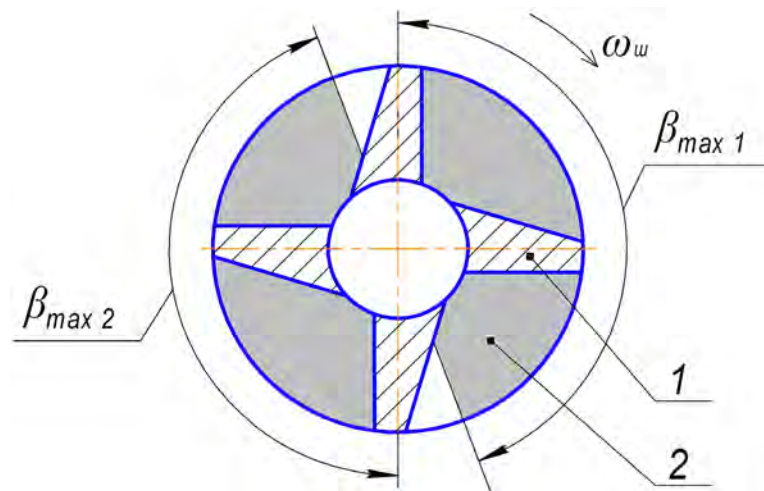


Рис. 5.46. Схема заповнення решіток РВ м'ясною сировиною під час її подачі двозаходним шнеком (вид спереду): 1 – леза ножа; 2 – м'ясна сировина, яка подається шнеком;  $\beta_{max 1}$ ,  $\beta_{max 2}$  – максимальне значення кута, який окреслює зону ефективної подачі сировини у різальний вузол першим та другим заходами шнеку

Таблиця 5.8

### Виміряні значення температури м'ясної сировини

Машина для подрібнення м'ясної сировини	Температура сировини $t$ , °C		Зміна температури сировини $\Delta t$ , °C
	на вході до РВ	на виході з РВ	
Вовчок АЛ-130	+3,2±0,1	+3,9±0,1	+0,7±0,1
Вакуумний шприц Handtmann VF 628	+3,2±0,1	+4,0±0,1	+0,8±0,1

Значення відповідних показників для фаршів, які були вироблені на обох видах машин, відрізняються між собою на більше ніж на 3%. Даний факт свідчить про можливість використання фаршу, виготовленого на шприці Handtmann VF 628, для вареної ковбаси «Лікарська» вищого гатунку, як це і передбачено нормативною документацією м'ясопереробного підприємства [267].

Значення органолептичних показників для цілої готової ковбаси «Лікарська» вищого гатунку наведені в табл. 5.9 та в таблиці 5.10 (для розрізаної готової ковбаси «Лікарська»).

Таблиця 5.9

### Органолептичні показники готових ковбасних виробів (для цілого продукту)

Усереднені значення органолептичних показників цілого готового продукту	Вид машини для подрібнення м'ясної сировини		Коефіцієнт вагомості	Зміна показника
	вовчок АЛ-130	вакуумний шприц Handtmann VF 628		
Зовнішній	5	5	1	-

вигляд				
Колір і стан поверхні	5	5	3	-
Запах (аромат)	5	5	4	-
Консистенція	5	5	2	-

Таблиця 5.10

**Органолептичні показники готових ковбасних виробів  
(для розрізаного продукту)**

Усереднені значення органолептичних показників розрізаного готового продукту	Вид машини для подрібнення м'ясної сировини		Зміна показника
	вовчок АЛ-130	вакуумний шприц Handtmann VF 628	
Колір	5	5	-
Вид і малюнок на розрізі	5	5	-
Структура і розподіл інгредієнтів	5	5	-
Запах (аромат)	5	5	-
Смак	5	5	-
Соковитість	5	5	-
Щільність	5	5	-
Рихлість	5	5	-
Ніжність	5	5	-
Жорсткість	5	5	-
Крихкість	5	5	-

Пружність	5	5	-
Однорідність маси	5	5	-

Отримані дані свідчать про повну відповідність фаршів, що були подрібнені на установці на базі вакуумного шприца Handtmann VF 628 та на вовчку із двозаходним шнеком, вимогам до фаршів, що виготовляються із використанням традиційного обладнання.

Відомим конструкціям решіток властивий значний гідравлічний опір руху сировини в отворах, що призводить до зменшення продуктивності вовчка та підвищеного стискання харчової сировини.

З метою усунення даних недоліків розроблено [317] нову конструкцію решітки вовчка (рис. 5.47). Вона містить корпус 1, змінну пластину 2, щонайменше один кріпильний елемент 3 і щонайменше один орієнтувальний елемент 4. Змінна пластина 2 має наскрізні отвори 5, корпус 1 має наскрізні вікна 6. Сировина під час подрібнення входить в решітку крізь наскрізні отвори 5 змінної пластини 2, а виходить крізь наскрізні вікна 6 корпусу 1. Наскрізні вікна 6 корпусу 1 виконані таким чином, що їх поперечний переріз являє собою фігуру, утворену прямими відрізками 7, криволінійними відрізками 8 або їх поєднанням.

Сировина подрібнюється різальними кромками наскрізних отворів 5, а виходить крізь наскрізні вікна 6. Завдяки цьому забезпечується заданий (мілкий) ступінь подрібнення сировини і в той же час створюються умови для легкого проходження сировини крізь решітку, оскільки відомо, що гідравлічний опір отворів решітки залежить від їх довжини, причому ця залежність має експоненціальний характер [110, 252]. Зважаючи на означене, в розробленій конструкції решітки гідравлічний опір суттєво мінімізовано, що призводить до зменшення стискання сировини та покращення соковитості готового продукту.

Поряд із цим розроблена конструкція решітки дозволяє використовувати один тип корпусу для трьох типів решіток вовчка: вихідної (рис. 5.46, в), проміжної (рис. 5.46, г), приймальної (рис. 5.46, д), що суттєво зменшує витрати на різальний інструмент.

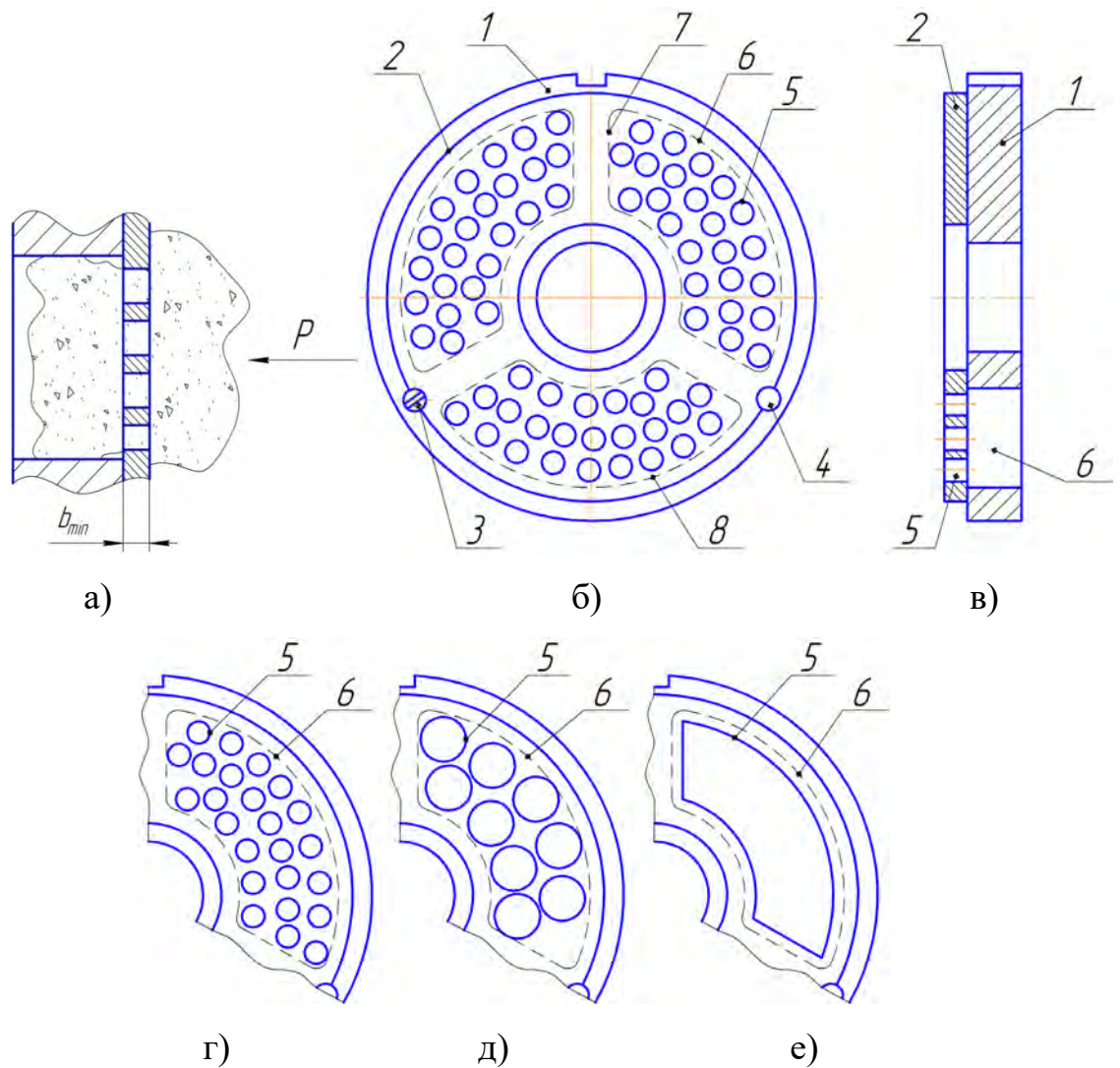
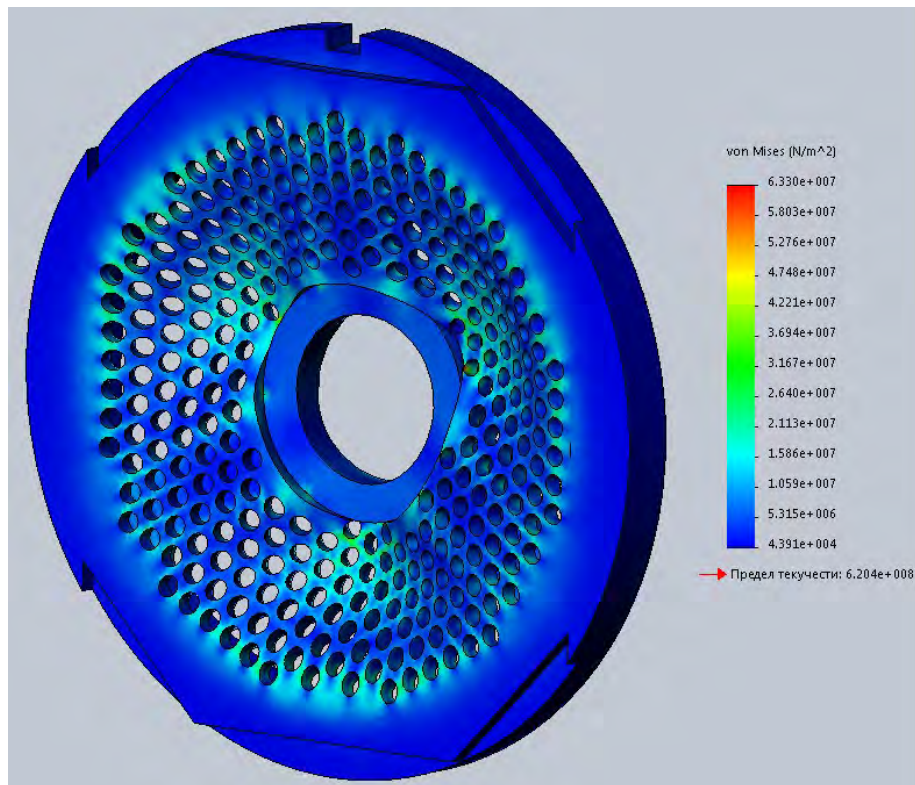


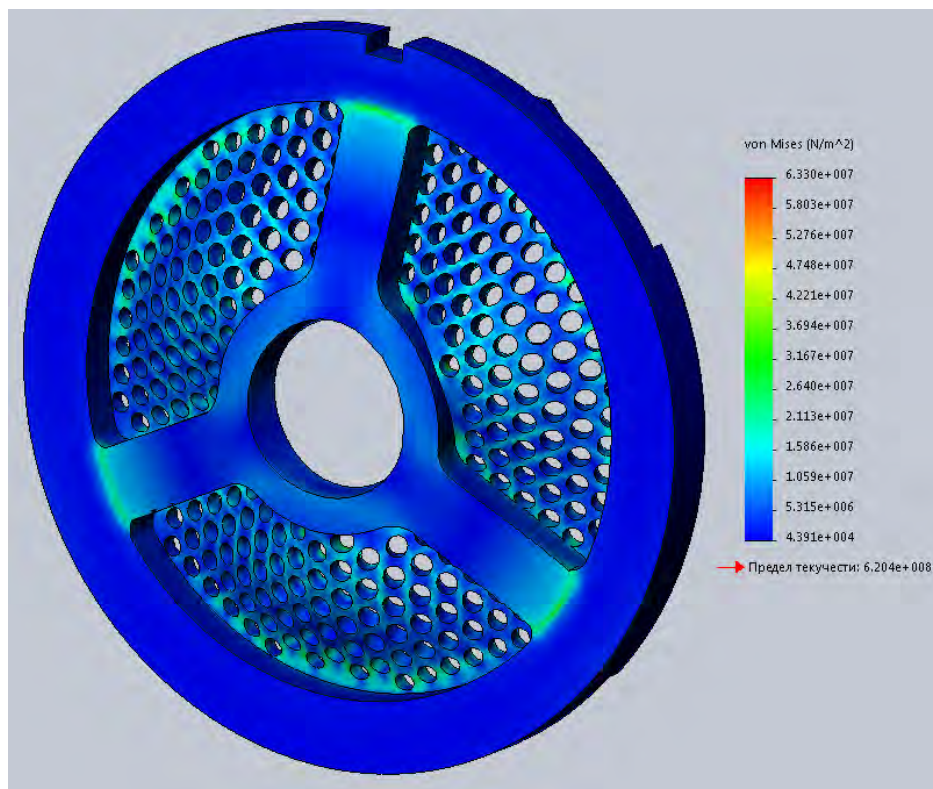
Рис. 5.47. Конструкція решітки вовчка, яка володіє зменшеним гідравлічним опором: а) - схема роботи решітки зі змінними пластинами малої товщини  $b_{min}$ , яка дозволяє зменшити гідравлічний опір  $P$ ; б) – вид решітки спереду; в) – поперечний переріз решітки; г) – вихідна решітка; д) – проміжна решітка; е) – приймальна решітка.

З метою визначення допустимої товщини змінних пластин 2 було проведене чисельне моделювання напружено-деформованого стану решітки розробленої конструкції. Результати наведено на рис. 5.48, 5.49.

Як слідє з них, виконання пластин 2 товщиною менше 4 мм не доцільно, оскільки в такому разі максимальний прогин робочої частини пластини є більшим за рекомендовані 0,02 мм [259]. В той же час при товщині пластини 4 мм забезпечується і належна міцність пластини та корпусу і достатня жорсткість змінної пластини.

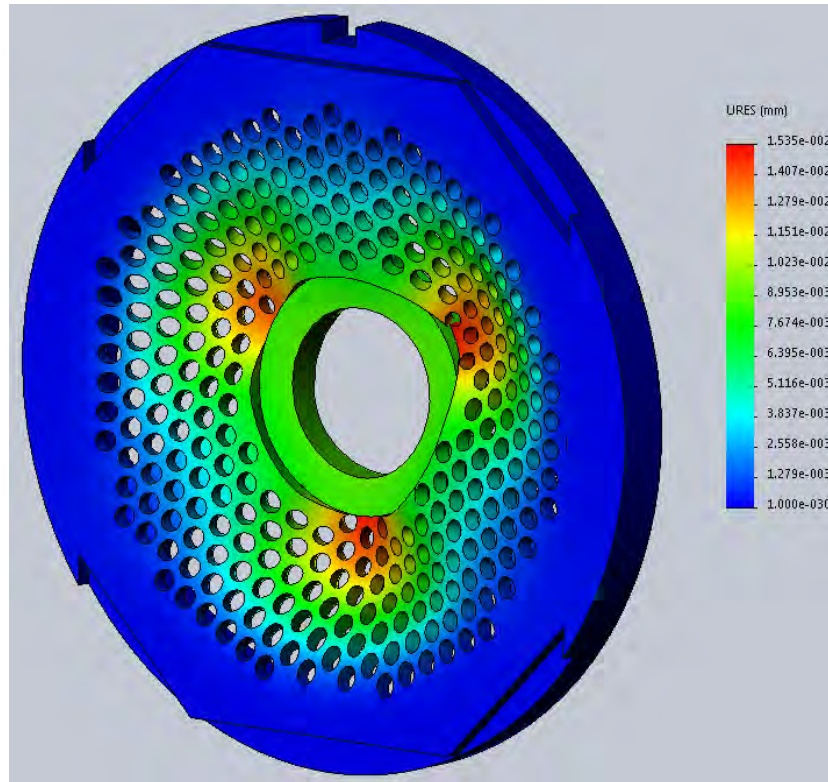


а)

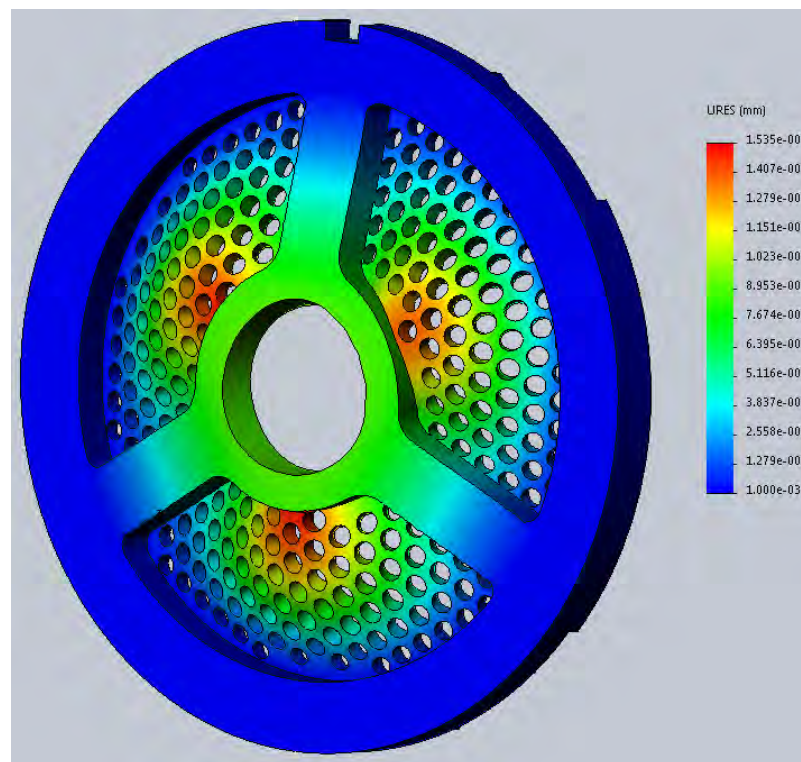


б)

Рис. 5.48. Візуалізація результатів чисельного моделювання напружено-деформованого стану решітки розробленої конструкції (напруження, Па): а) - вид спереду; б) - вид ззаду



а)



б)

Рис. 5.49. Візуалізація результатів чисельного моделювання напружено-деформованого стану решітки розробленої конструкції (переміщення,  $m^3$ ): а) - вид спереду; б) - вид ззаду

Як зазначено вище, недоліками відомих конструкцій вовчків є недостатньо висока параметрична надійність, а саме знижена продуктивність, завищена енергоємність роботи, через зношування робочого циліндру та зовнішньої поверхні шнеку. При цьому зношування є неоднорідним в поперечному перерізі, максимальне зношування спостерігається в нижній частині циліндру.

З метою усунення означених недоліків було розроблено (рис. 5.50) конструкцію додаткового пристрою (захисного піддону) для його використання у вовчках (патент на винахід №122178) [131].

Вовчок містить робочий циліндр 1, в якому розташовано шнек 2. Перед встановленням чи зняттям шнеку поміж ними розташовується захисний піддон 3. Робоча поверхня 4 захисного піддона 3 має криволінійну форму і призначена для спрямування по ній шнеку 2.

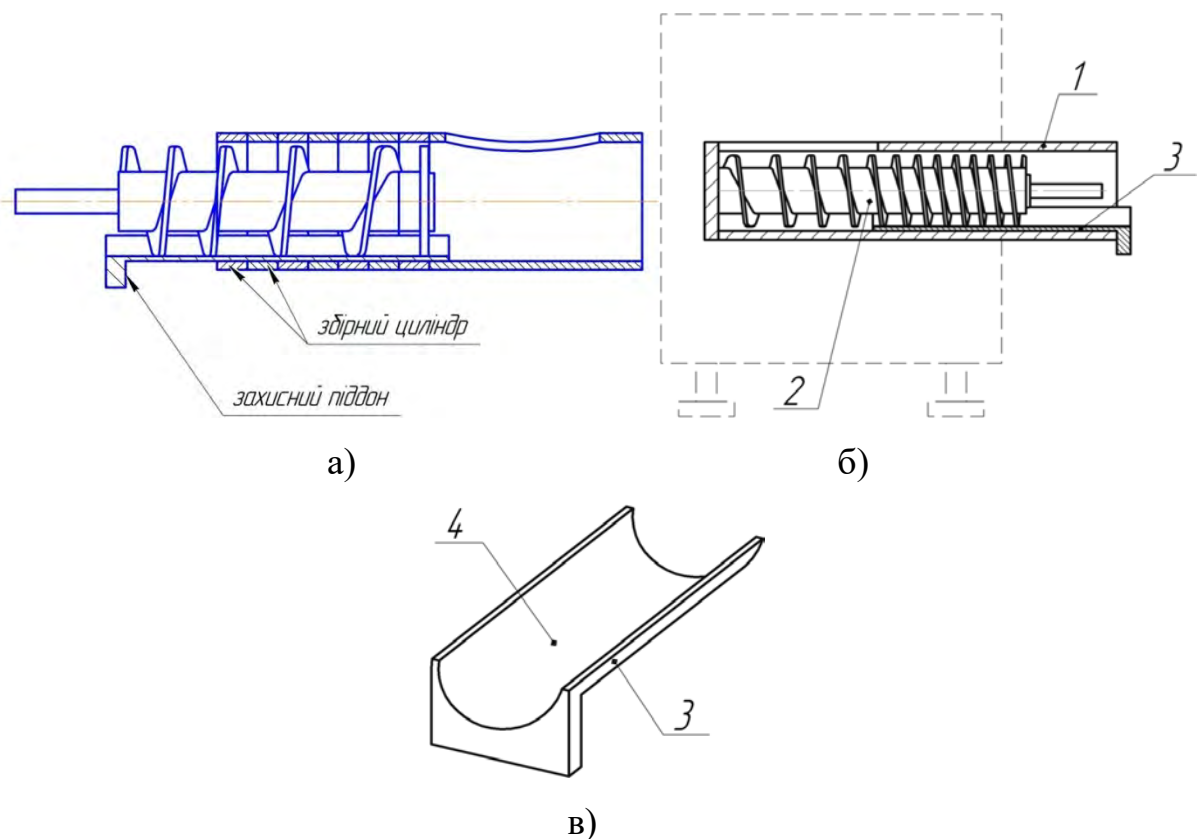


Рис. 5.50. Устрій вовчка, в конструкції якого передбачено захисний піддон:

а) - схема використання захисного піддону; а) – вовчок; б) – захисний піддон



Наприкінці зміни перед зняттям шнеку для проведення санітарної обробки вовчка поміж шнеком 2 і циліндром 1 розташовується захисний піддон 3. При витягуванні шнеку він ковзає по поверхні 4 піддона 3, чим захищається робочий циліндр 1 від зношування. Знижена твердість захисного піддону 3 по відношенню до твердості витків шнеку 2 дозволяє зменшити зношування витків шнеку 2.

Використання розробленого пристрою дозволяє підвищити параметричну надійність та довговічність вовчка.

Покращити ремонтпридатність вовчка дозволяє застосування наступної конструкції робочого циліндру (рис. 5.51). Робочий циліндр складається з щонайменше двох пластин 1, щонайменше одного ущільнення 2 та щонайменше двох шпильок 3 і двох гайок 4. Пластини контактують між собою торцями, ущільнення розташоване поміж пластинами, кожна пластина має осьовий отвір 5 з ребрами та щонайменше два периферійних отвори 6. Шпильки проходять крізь периферійні отвори.

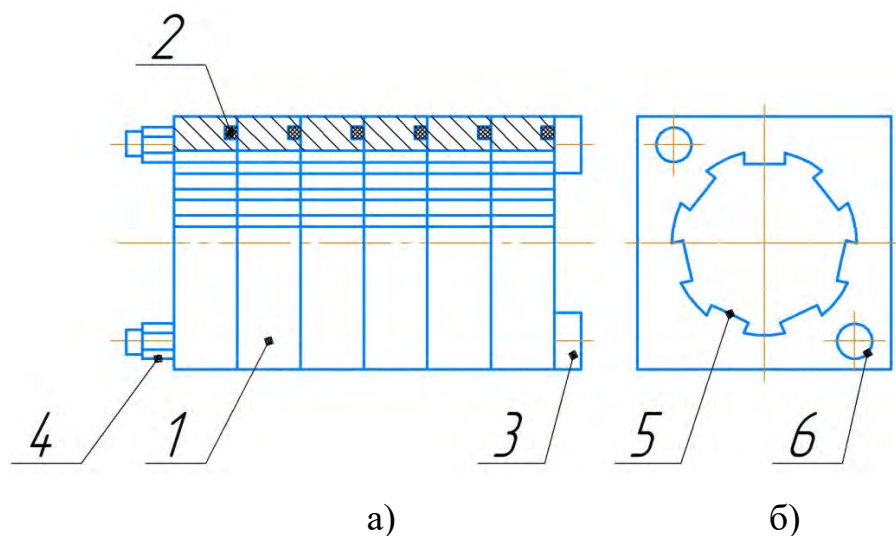


Рис. 5.51. Устрій робочого циліндру збірної конструкції:

а) – робочий циліндр (вид збоку); б) – пластина (вид спереду)

По мірі роботи вовчка внутрішня поверхня робочого циліндру зношується через тертя по ній м'яса та шнеку при знятті та встановленні шнеку кожної зміни. При цьому максимальне зношування спостерігається на вихідній частині, а мінімальне – на вхідній частині робочого циліндру.

Для відновлення робочих властивостей робочого циліндру гайки 4 відгвинчуються, пластини біля вихідної та біля вхідної частин робочого циліндру міняються містами, після чого пакет пластин 1 знову стягується гайками 4. В такому разі робочий циліндр володіє покращеними робочими властивостями, оскільки біля вихідної частини знаходиться пластини із майже не зношеними внутрішніми поверхнями.

Як зазначалось в п. 1.3, відомі конструкції решіток вовчка володіють недостатньою довговічністю. Відомі конструкції збірних решіток володіють двома основними недоліками. Перший - це те, що під час роботи в зазор між корпусом і змінною пластиною буде потрапляти м'ясний сік, що буде призводити до розвитку бактерій. І на наступній робочій зміні така решітка буде джерелом бактеріального забруднення фаршу. Необхідно створити можливість легкого очищення решітки. Другий недолік - це зминання тонкої пластини в місцях її кріплення гвинтами. Мала опорна поверхні кріпильних отворів призводитиме до руйнування пластини під дією обертового моменту, який виникатиме внаслідок тертя ножа по решітці. Необхідно усунути і цей недолік.

Для вирішення означених задач запропоновано наступну конструкцію решітки (рис. 5.52, 5.53). Проблему сприйняття обертового моменту в ній вирішено за методологічною концепцією - використано вже наявні в системі елементи для створення нової функції. Тобто надано змінній пластині не дискову форму, а багатогранну з прямолінійними ділянками. В той же час в корпусі передбачено западину з боковими фіксуєчими упорами. При обертанні пластина буде сама фіксуватись в корпусі. Для створення такої можливості корпус виконано дещо більшого діаметру чим звичайна решітка. Це вимагатиме збільшення діаметра горловини у вовчках.

Для чіткого положення пластини передбачено штифт. А для її кріплення до корпусу - гвинт.

При цьому пластину буде тоді легко і швидко знімати і ставити після кожної зміни, коли кріпильних гвинтів буде мало. Відповідно до концепції, цю проблему вирішено, використовуючи вже наявні в системі ресурси.

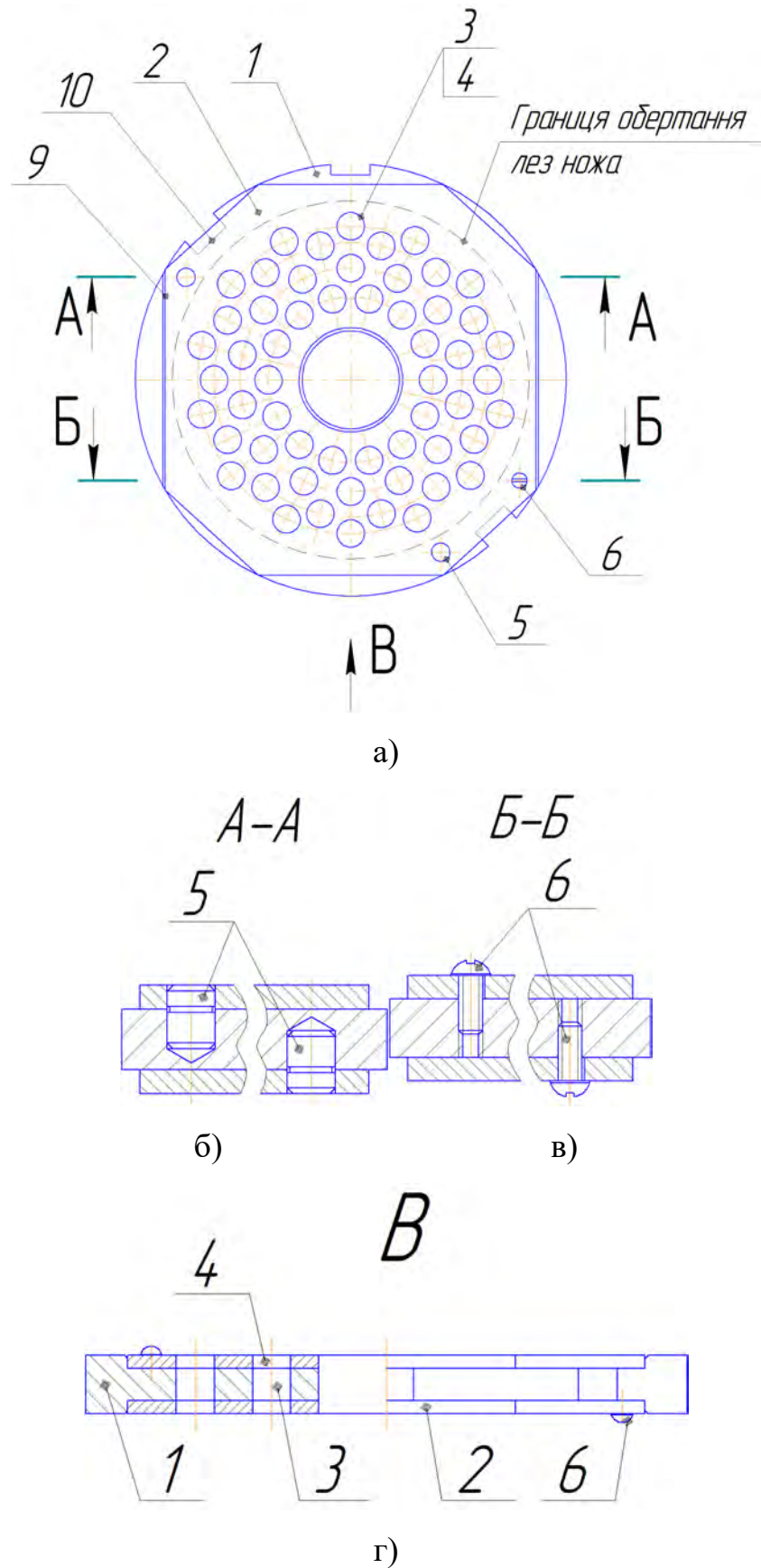


Рис. 5.52. Решітка вовчка зі змінними пластинами: а) – зовнішній вигляд решітки спереду; б) – устрій орієнтуючих елементів; в) – устрій кріпильних елементів; г) – устрій решітки (вид збоку)

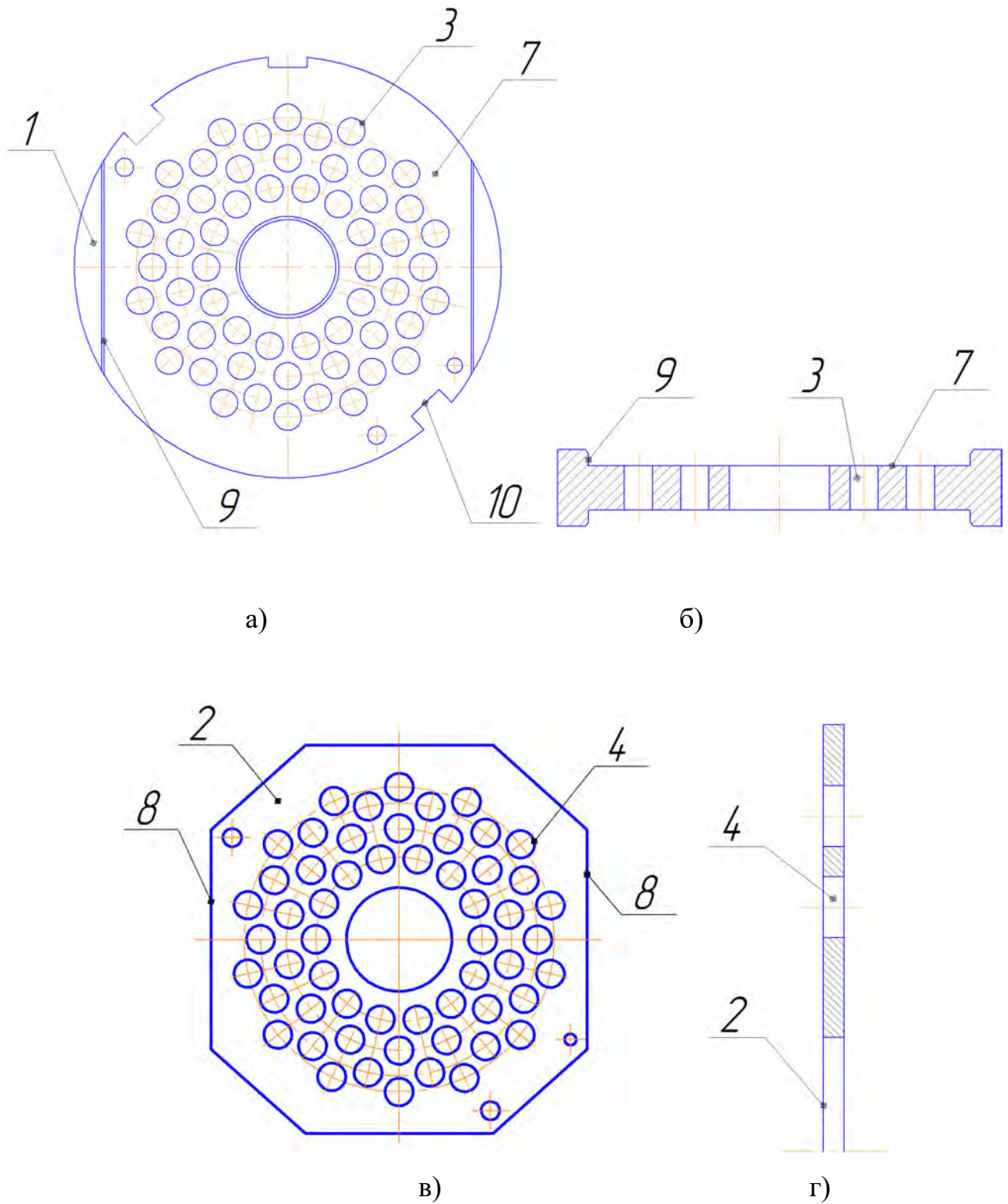


Рис. 5.53. Устрій елементів решітки вовчка зі змінними пластинами:  
 а) – зовнішній вигляд диску; б) – устрій диску; в) – загальний вид змінної пластини; г) – устрій змінної пластини

В даному випадку ресурс знайдено на рівні надсистеми - самої машини. Як відомо, після встановлення різальний комплект стискається гайкою-маховиком з великим зусиллям. Таким чином, пластина до корпусу під час роботи буде щільно притискатись гайкою-маховиком. Отже, достатньо лише одного кріпильного гвинта, для кріплення пластини під час встановлення у вовчок.

В результаті розроблено збірну решітку вовчка зі змінними пластинами, в якій найкращим чином поєднано кілька суперечливих вимог. Решітка складається з диску 1, до якого приєднані з одного або двох торців змінні пластини 2. Диск 1 та змінні пластини 2 мають наскрізні робочі отвори 3 і 4.

Забезпечення визначеного положення змінних пластин 2 відносно диску 1 забезпечується орієнтуючими елементами 5. Кріплення змінних пластин 2 до диску 1 забезпечується кріпильними елементами 6. Диск 1 може бути виготовлений із виду та марки матеріалу відмінної від виду та марки матеріалу змінних пластин 2.

Робочі отвори 4 в змінних пластинах можуть бути виконані меншого діаметру ніж робочі отвори 3 в диску та мати форму конусу. Диск 1 виконаний намагніченим та має заглиблення 7 на щонайменше одному з торців.

Змінні пластини 2 розташовуються в заглибленнях 7. Зовнішній контур кожної змінної пластини 2 містить прямолінійні ділянки 8, окремі з яких призначені для контакту змінної пластини 2 з боковими поверхнями 9 заглиблення під час роботи різального вузла (обертний момент від сил тертя та різання сприймається прямолінійними сторонами змінних пластин 2 та диску 1). Ширина заглиблень 7 диску більша за діаметр ножа, який працює в парі з решіткою збіркою вовчка. Орієнтуючі елементи 5 розташовані несиметрично відносно центру диску 1. Диск 1 має отвори та пази 10, які призначені для покращення зручності знімання змінних пластин 2 з диску 1.

Означене виконання решітки вовчка дозволяє забезпечити надійне та довговічне кріплення змінних пластин, а також швидко та зручно їх заміну. Виконання змінних пластин з прямолінійними ділянками дозволяє підвищити

технологічність їх виготовлення, наприклад, шляхом лазерного або плазмового їх вирізання з листа металу.

З метою перевірки адекватності прийнятих рішень було досліджено напружено-деформований стан решіток вовчка розробленої конструкції за допомогою чисельного моделювання. Використовувалась решітка зовнішнім діаметром 180 мм з отворами діаметром 5 мм. Товщина корпусу решітки 16 мм, товщина змінної пластини 4 мм. Візуалізація результатів досліджень для часткового випадку наведена на рис. 5.54.

Для решітки забезпечено як вимогу її міцності під дією робочих навантажень, так і вимогу достатньої жорсткості (максимальний прогин перфорованої частини менший за 0,02 мм [264]).

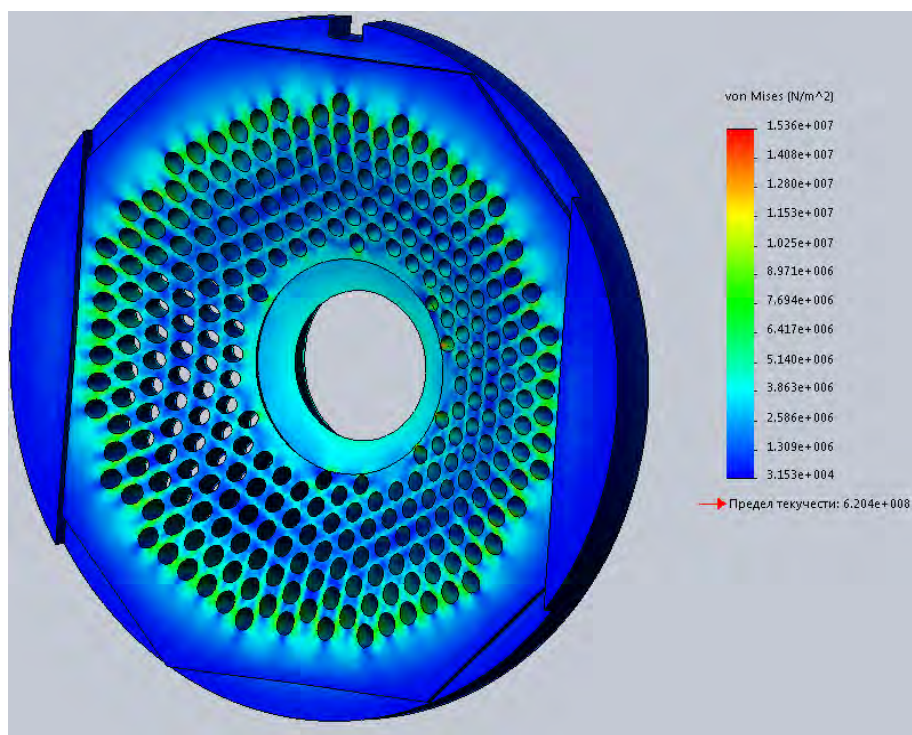
Недоліками відомих конструкцій ножів вовчка є висока їх вартість, що обумовлена, зокрема, занадто високою їх металоємністю внаслідок наявності лез, що беруть недостатню участь у процесі подрібнення м'ясної сировини (див. п. 3.2).

З метою зменшення металоємності ножів вовчка розроблено [257, 261, 276] наступні їх конструкції (рис. 5.55).

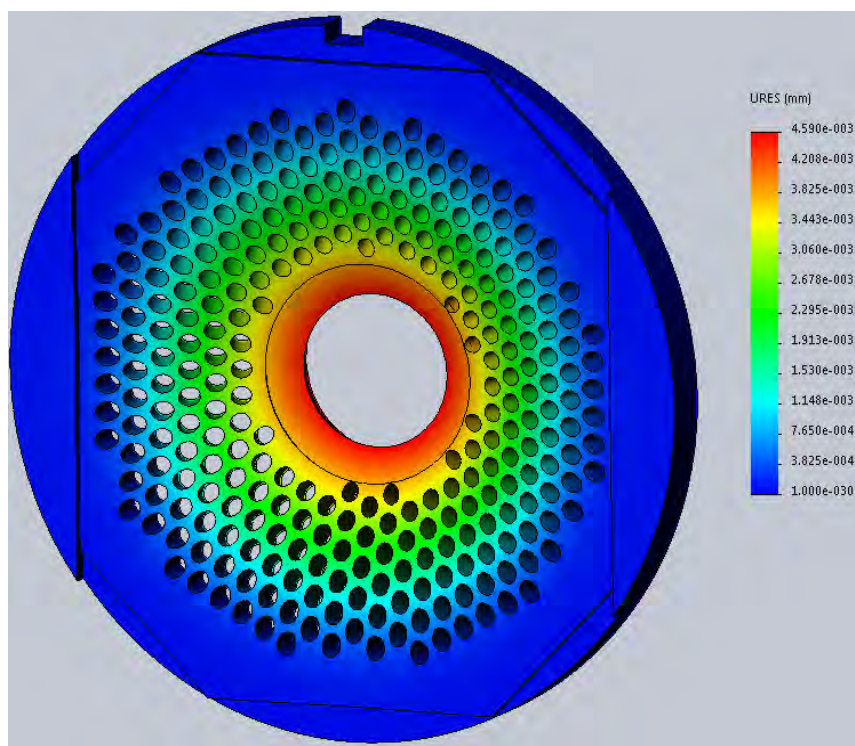
Відповідно до запропонованої концепції слід максимально узгоджувати гідродинаміку сировини в машинах для подрібнення та процесу її переробки. Отже, зважаючи на те, що ефективна подача сировини шнеком вовчка реалізується лише в зоні з кутом  $90...120^\circ$ , раціонально розташувати леза ножа саме в межах цієї зони. Поряд із цим, наявність лез в інших зонах ножа не є обов'язковою, якщо взяти до уваги їх низьку навантаженість сировиною та достатньо високу матеріалоємність [257, 261, 276].

Конструкція ножа, яку зображено на рис. 5.55, а, дає змогу забезпечити достатню продуктивність і подрібнювальну здатність РВ, а також істотно зменшити собівартість ножа [257, 261, 276].

Враховуючи ті дані, які наведені в п. 4.4, зокрема недостатній вплив силового кільця ножа на підвищення міцності його лез при їх рівномірному навантаженні, запропоновано новий шлях підвищення міцності лез.



а)



б)

Рис. 5.54. Візуалізація напружено-деформованого стану решітки вовчка розробленої конструкції а) - напруження,  $\text{Па} \cdot 10^6$ ; б) - деформація,  $\text{м} \cdot 10^{-3}$

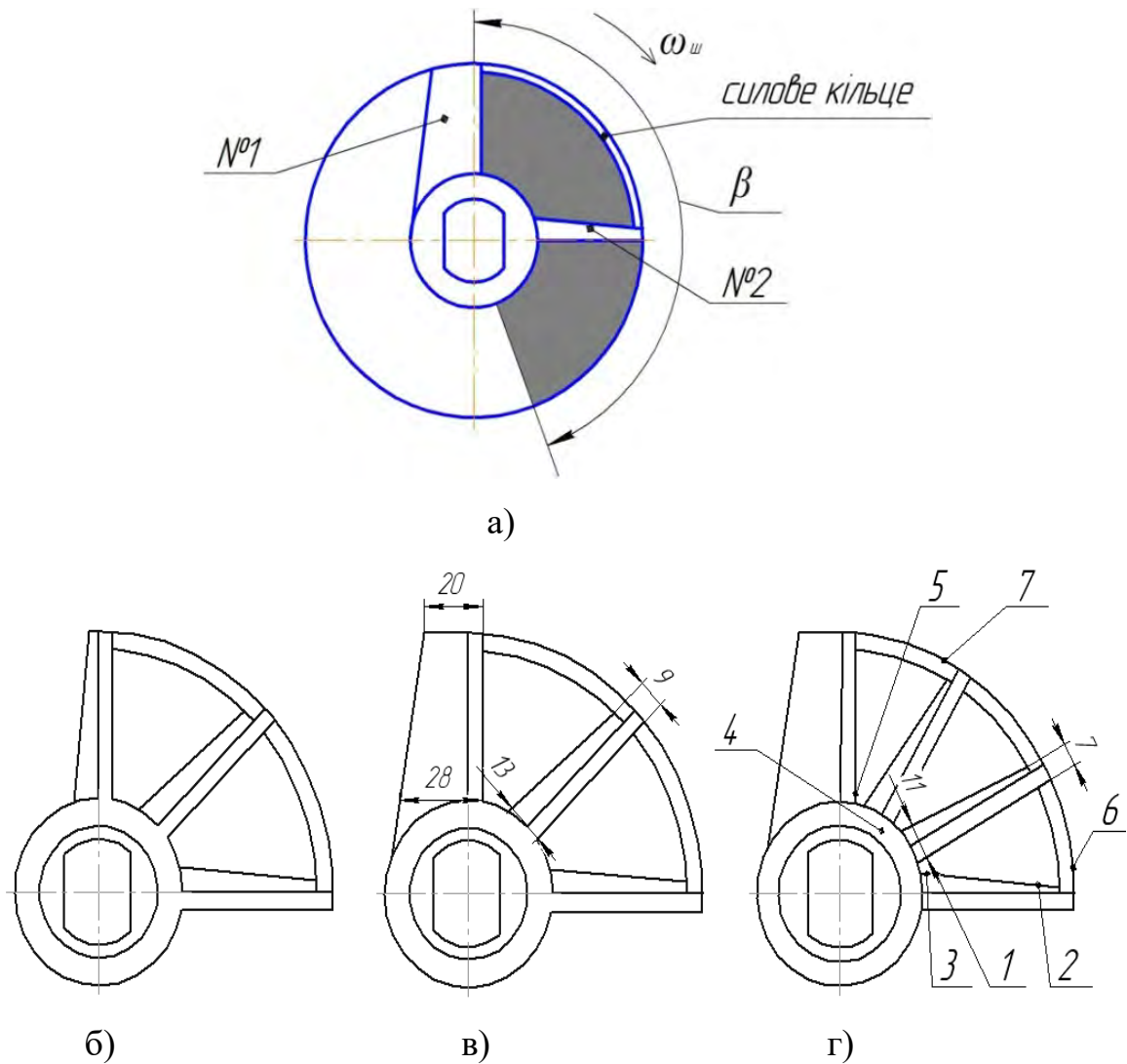


Рис. 5.55. Розроблені конструкції ножів вовчка та схема розташування точок вимірювання напружень: а) - трилезовий секторний ніж; б) – використання опорного леза №1 та розміщення лез ножа вовчка лише в межах сектору інтенсивної подачі сировини з кутом  $\beta$ ; в) – трилезовий секторний ніж з посиленням опорним лезом; г) – чотирилезовий секторний ніж із лезами зменшеної ширини та посиленням опорним лезом

Лезо № 5, яке розташоване в зоні кінця витка шнека і позаду якого фактично не відбувається нагнітання сировини шнеком, запропоновано виконувати [257, 261, 276] із збільшеною шириною порівняно з іншими лезами (рис. 5.55, б). Це створює можливість підвищити міцність лез за рахунок передачі зусилля, що на них діє, на широке опорне лезо за допомогою силового кільця. В



даному випадку напруження, які виникають в лезах зменшеної ширини (рис. 5.55, б), будуть меншими, аніж у попередньому випадку (рис. 5.55, а).

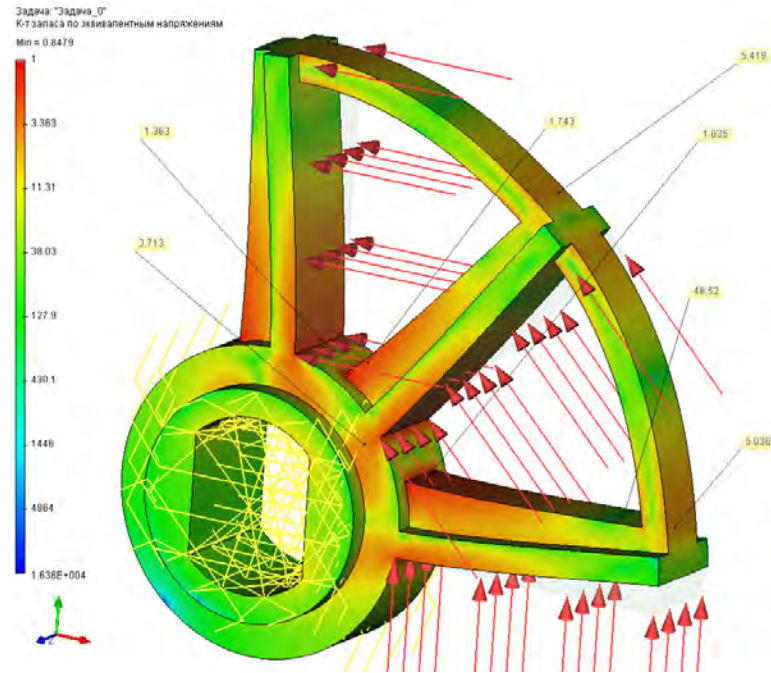
Використання опорного широкого леза дає можливість розробити іншу конструкцію ножа – використати не два, а три вузьких леза, що матимуть зменшену ширину (рис. 5.55, в). Такий підхід дозволяє в межах зони з кутом  $90^\circ$  розмістити більшу кількість лез, що, як відомо, дає можливість підвищити ступінь подрібнення сировини. При цьому зменшення ширини лез дає змогу зберегти високу пропускну здатність РВ [257, 261, 276].

Задля перевірки висунутих положень та обґрунтування достатньої міцності розроблених конструкцій ножів було проведене математичне моделювання напружено-деформованого стану ножів нової конструкції за допомогою чисельних засобів. Візуалізацію отриманих під час моделювання результатів показано на рис. 5.56, 5.57, а результати чисельного моделювання наведені в табл. 5.11 [257, 261, 276].

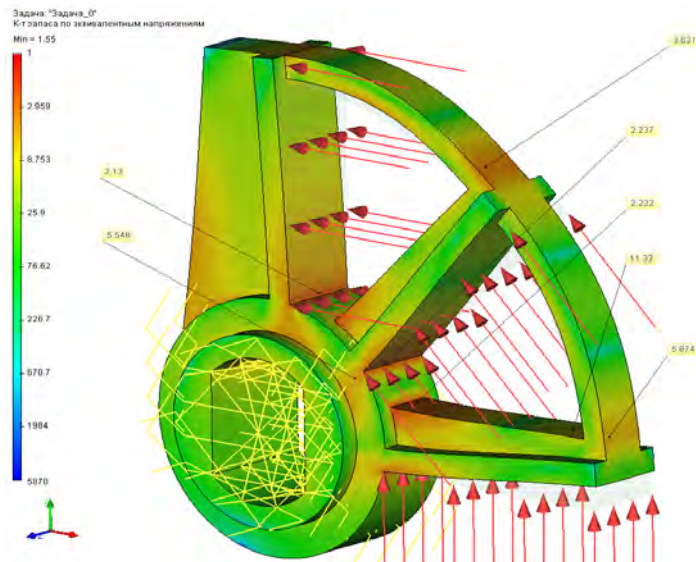
Як слідує з результатів моделювання, використання опорного леза підвищеної ширини призводить до збільшення коефіцієнту запасу міцності лез на 25%, що у 2...3 рази більше, ніж при застосуванні силового кільця у відомих конструкціях ножів [257, 261, 276].

Отримані значення коефіцієнту запасу міцності ( $K_{з.м.}=2,5; 2,76$ ) лез чотирилезового ножа з посиленням опорним лезом (рис. 5.57) створюють можливість зробити висновок про придатність розробленої конструкції до практичного використання. При застосуванні в конструкції вовчка двозаходних робочих шнеків доцільно застосувати в конструкції ножа двох зон із лезами [257, 261, 276].

Леза ножів вовчка підлягали нанесенню захисного зносостійкого покриття імпульсно-плазмовим методом (див. п. 2.4). Режими нанесення покриття наведені в таблиці 5.12. Вид покриття і результати натурних експериментальних досліджень підвищення зносостійкості наведені в таблиці 5.13. Загальний вид ножа, на леза якого було нанесене захисне покриття, наведений на рис. 5.58.



а)



б)

Рис. 5.56. Результати визначення коефіцієнта запасу міцності для ножів нової конструкції: а) – 3-лезового секторного ножа; б) – 3-хлезового секторного ножа з посиленням опорним лезом

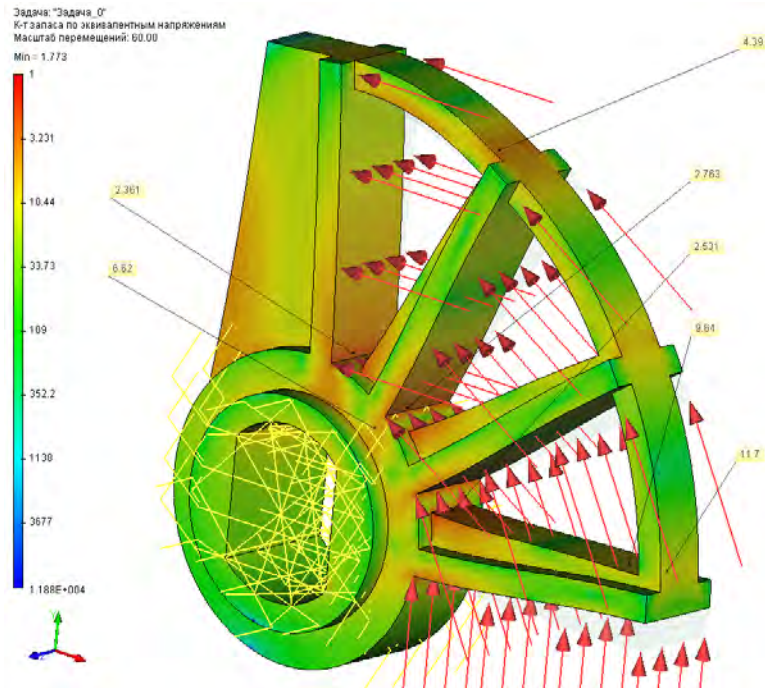


Рис. 5.57. Результати визначення коефіцієнта запасу міцності для 4-лезового секторного ножа розробленої конструкції з лезами мінімізованої ширини та посиленням опорним лезом

Таблиця 5.11

### Значення напружень та коефіцієнта запасу міцності ножів

№ точки ножа	Типи нових конструкцій ножів					
	Ніж секторний 3-лезовий		Ніж секторний 3-лезовий посилений		Ніж секторний 4-лезовий	
	$\sigma_{max}$ , МПа	$K_{з.м.}$	$\sigma_{max}$ , МПа	$K_{з.м.}$	$\sigma_{max}$ , МПа	$K_{з.м.}$
1	244,5	1,63	181,2	2,22	158,6	2,53
2	8,45	48,52	35,3	11,32	41,5	9,64
3	229,5	1,74	178,7	2,24	114,9	2,76
4	107,8	3,71	72,2	5,55	60,5	6,62
5	293,8	1,36	188,0	2,13	170,2	2,36
6	73,9	5,04	68,1	5,87	34,3	11,70
7	79,4	5,42	110,4	3,62	91,1	4,39

## Режими нанесення покриття

Витрата газів, м <sup>3</sup> /год			Спів- відношення окислювача до пального		Параметри детонаційної камери	Примітка		
1 камера	O <sub>2</sub>	2,36	4,67	4,63	Довжина ствола - 300 мм, діаметр ствола -16 мм.  Швидкість переміщення камери - 1200 мм/хв. Відстань до поверхні – 80 мм.  Кількість проходів – 4.	Товщина покриття - 160 мкм.		
	повітря	2,1						
	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> +C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,6						
2 камера	O <sub>2</sub>	2,2	4,6	4,63			Довжина ствола - 300 мм, діаметр ствола -16 мм.  Швидкість переміщення камери - 1200 мм/хв. Відстань до поверхні – 80 мм.  Кількість проходів – 4.	Товщина покриття - 160 мкм.
	повітря	2,05						
	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> +C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,57						



а)



б)

Рис. 5.58. Загальний вигляд ножа вовчка, на леза якого нанесене зносостійке металокерамічне покриття WC-Co 88/12: а) – ніж; б) – збільшений вигляд поверхні леза, на яку нанесене зносостійке покриття

Таблиця 5.13.

**Підвищення довговічності лез ножів вовчка**

Вид покриття	Матеріал ножа вовчка	Підвищення зносостійкості, разів
Металокераміка WC-Co 88/12 (фракція 15-45 мкм)	Сталь 60С2	2,6-3,2

Зносостійкість ножів (методика – див. п. 2.3.3) підвищилась в 2,6-3,2 рази (таблиця 5.13). Отримані результати показують перспективність застосування означеного виду покриття та способу його нанесення для підвищення довговічності ножів вовчка.

Розрахунок економічного ефекту від впровадження розроблених технічних рішень з вдосконалення вовчків наведений в додатку Д.

**5.2.3 Вдосконалення конструкції емульсаторів**

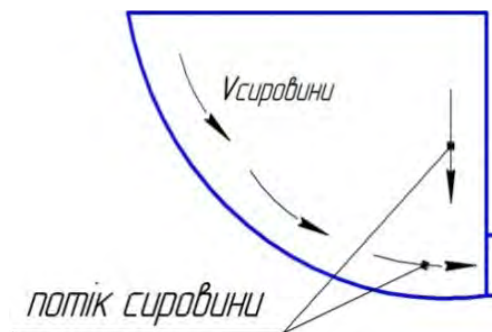
За результатами проведених досліджень (п. 3.3.2) встановлено, що більша швидкість витікання сировини спостерігається для бункерів, які мають несиметричну форму. Відповідно до цього розроблено нову конструкцію бункеру емульсатора. Результати чисельного моделювання процесу витікання м'ясної емульсії з нього наведено на рис. 5.59, значення тиску наведені на рис. 5.60.

Як слідує з них, нова конфігурація бункеру призводить до збільшення швидкості витікання сировини в 1,18-1,4 рази в порівнянні з відомими конструкціями бункерів (див. п. 3.3), що дає можливість підвищити продуктивність емульсатора. Як слідує з результатів, наведених в п. 3.3.1, продуктивність емульсатора можна підвищити в 1,4 рази без погіршення якості обробки м'ясної сировини.

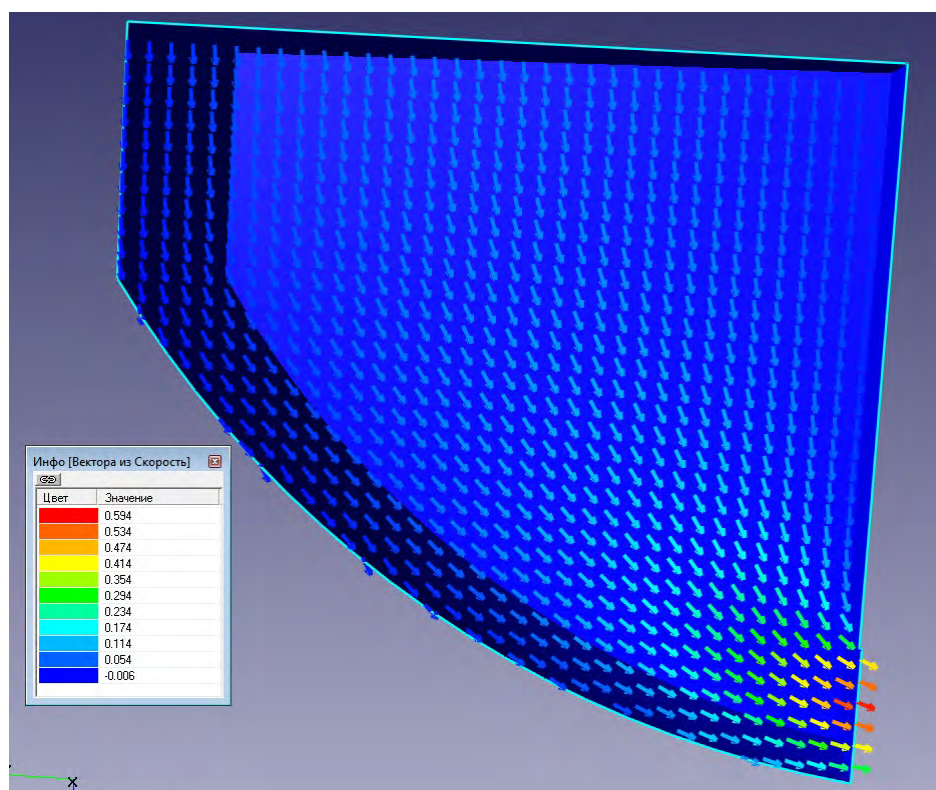
Підвищення швидкості руху сировини крізь різальний механізм призводить до зменшення теплової емісії на одиницю маси сировини відповідно до відомого

закону. Таким чином нова конфігурація бункера здатна забезпечити зменшення нагріву сировини в 1,18-1,4 рази в порівнянні з відомими конструкціями.

Результати досліджень гідродинаміки сировини, які наведені в п. 3.3.1, 3.3.3 дозволяють зробити висновок, що необхідно забезпечити більшу швидкість надходження сировини до різального вузла емульсатора і в той же час – зменшити швидкість руху сировини вивантажувальним вузлом.

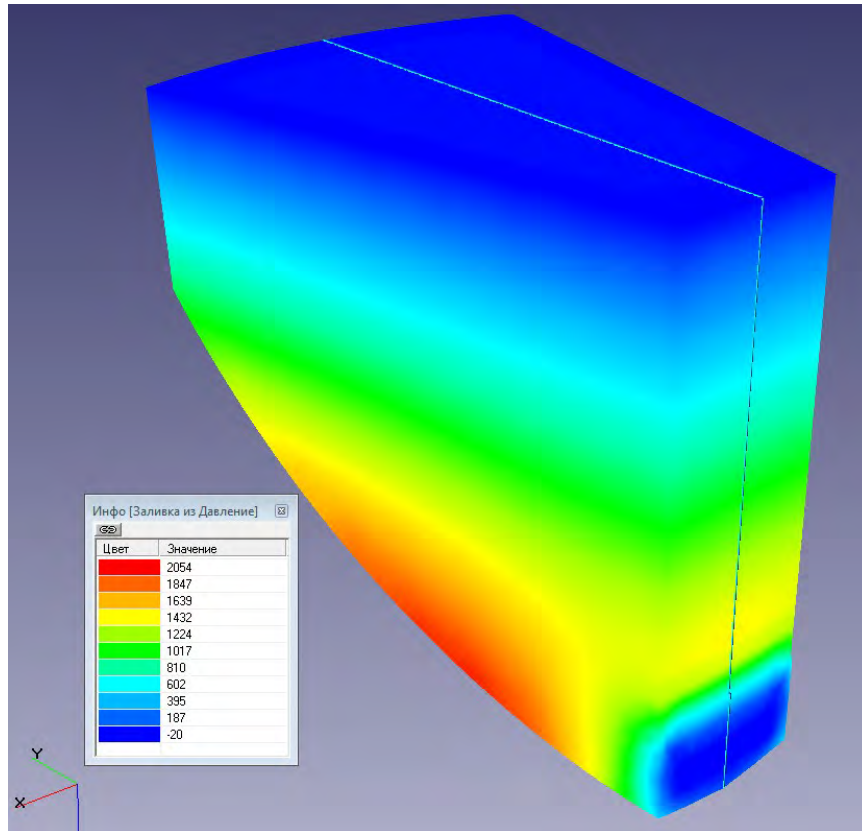


а)

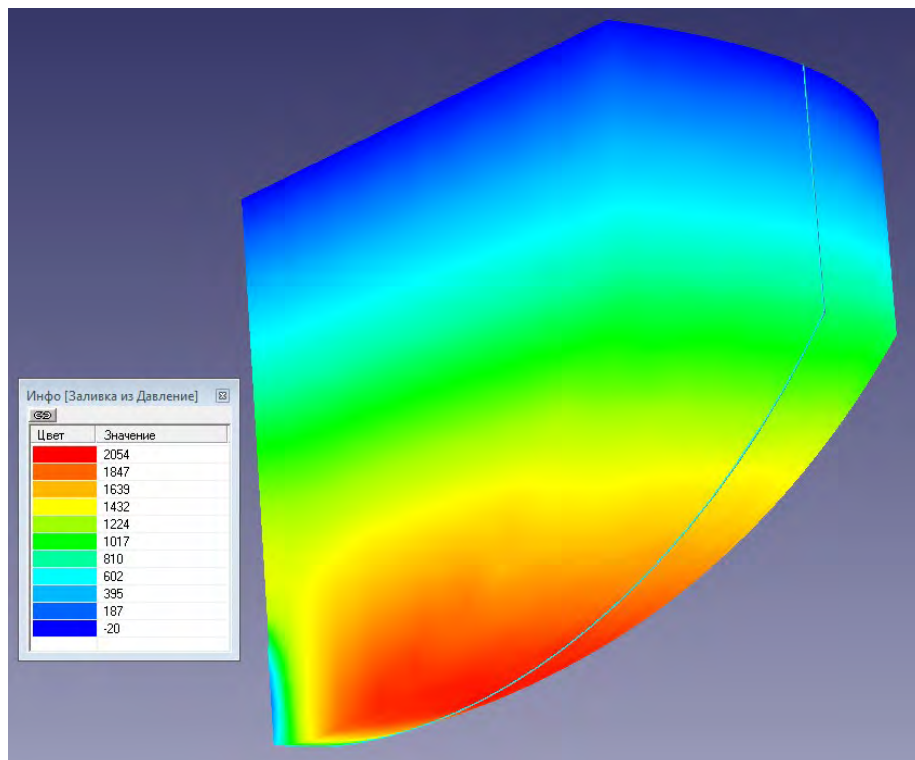


б)

Рис. 5.59. Схема роботи бункера (а) та візуалізація результатів чисельного моделювання (б) процесу витікання м'ясної емульсії з бункера розробленої конструкції (м/с)



а)



б)

Рис. 5.60. Візуалізація результатів чисельного моделювання розподілу тиску м'ясної емульсії в бункері нової конструкції (Па): а) - вид спереду; б) - вид ззаду

Використавши для вирішення цієї задачі розроблену концепцію розвитку машин для подрібнення м'ясної сировини, було розроблено наступну принципову схему емульситатора із вдосконаленою системою подачі та відведення сировини (рис. 5. 61).

Збільшення швидкості подачі сировини в ній реалізується за рахунок використання лопаті для подачі сировини 10, яка встановлюється в підшипниковому вузлі 11 (на зразок лопаті у ковбасних шприцах). Більш ощадне відведення сировини досягається шляхом використання фаршевого насоса 6 (кулачковий або шестеренний насос).

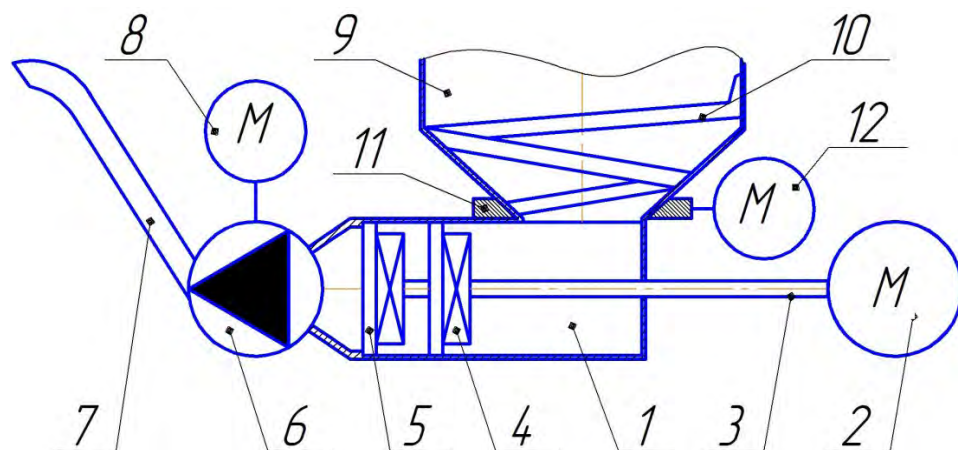


Рис. 5.61. Принципова схема емульситатора із вдосконаленою системою подачі та відведення сировини: 1 – корпус; 2 – електродвигун головного приводу; 3 – ножовий вал; 4 – ножі; 5 – решітки; 6 – насос для відведення сировини; 7 – патрубок; 8 – електродвигун приводу насоса для відведення сировини; 9 – бункер; 10 – лопать для подачі сировини; 11 – підшипникові опори лопаті; 12 – електродвигун приводу лопаті подачі сировини

Відповідно до розробленої концепції лопать і фаршевий насос приводяться в дію окремими приводами, що дозволяє забезпечити оптимальні умови трьох різних процесів: подачі сировини, її подрібнення та відведення з різального вузла. Все це, врешті, дозволяє підвищити питому продуктивність емульситаторів та покращити якість обробки сировини в ній за рахунок зменшення її нагрівання при обробці в емульситаторі.



Ще одним шляхом зменшення нагріву сировини при подрібненні в емульситаторі є зменшення площі тертя лез ножів по решіткам [100, 270, 272, 316]. Зважаючи на конструктивні особливості решіток з мілкими отворами, в якості резерву зменшення вказаної площі доцільно розглядати саме ребра жорсткості. При цьому виникає наступне технічне протиріччя: „Ребра жорсткості повинні бути наявні, щоб забезпечувати високу міцність та жорсткість решітки і в той же час ребра жорсткості повинні бути відсутні, щоб не збільшувати нагрів фаршу при подрібненні”.

За допомогою положень розробленої концепції (про необхідність виявлення функцій окремих зон технічної системи) було встановлено [100, 270, 272, 316], що щільний контакт лез з решіткою в зонах поза межами отворів не є обов'язковим, оскільки процес різання сировини в даних зонах не здійснюється (рис. 5.62). Таким чином, згідно розглядуваної задачі, контакт лез ножа з ребрами жорсткості бажано щоб був відсутній, оскільки він є шкідливим.

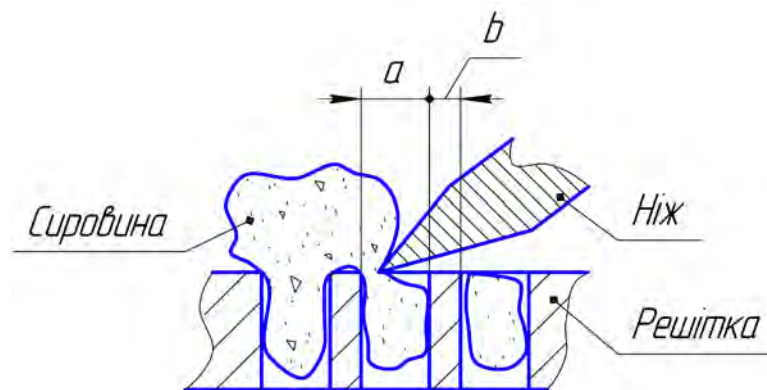


Рис. 5.62. Схема взаємодії ножа з перфорованою решіткою:  $a$  – зона обов'язкового контакту леза ножа з решіткою;  $b$  – зона, в якій контакт леза з решіткою не є обов'язковим

Контакт лез з ребрами жорсткості можна було б усунути, як би орієнтування ребер було змінено. Цього можна досягти, якщо замість ребер жорсткості застосувати кільце жорсткості. Як відомо, в деталях типу днищ, кришок та дисків доцільно застосовувати саме кільця жорсткості, оскільки при згинанні диску кільце працює на розтягування-стискання, на відміну від радіальних ребер, які працюють переважно на згинання. Це обумовлює більшу міцність та жорсткість дисків з кільцями жорсткості. В результаті розроблено

[100, 270, 272, 316] конструкцію різального механізму емульсатора, яка наведена на рис. 5.63.

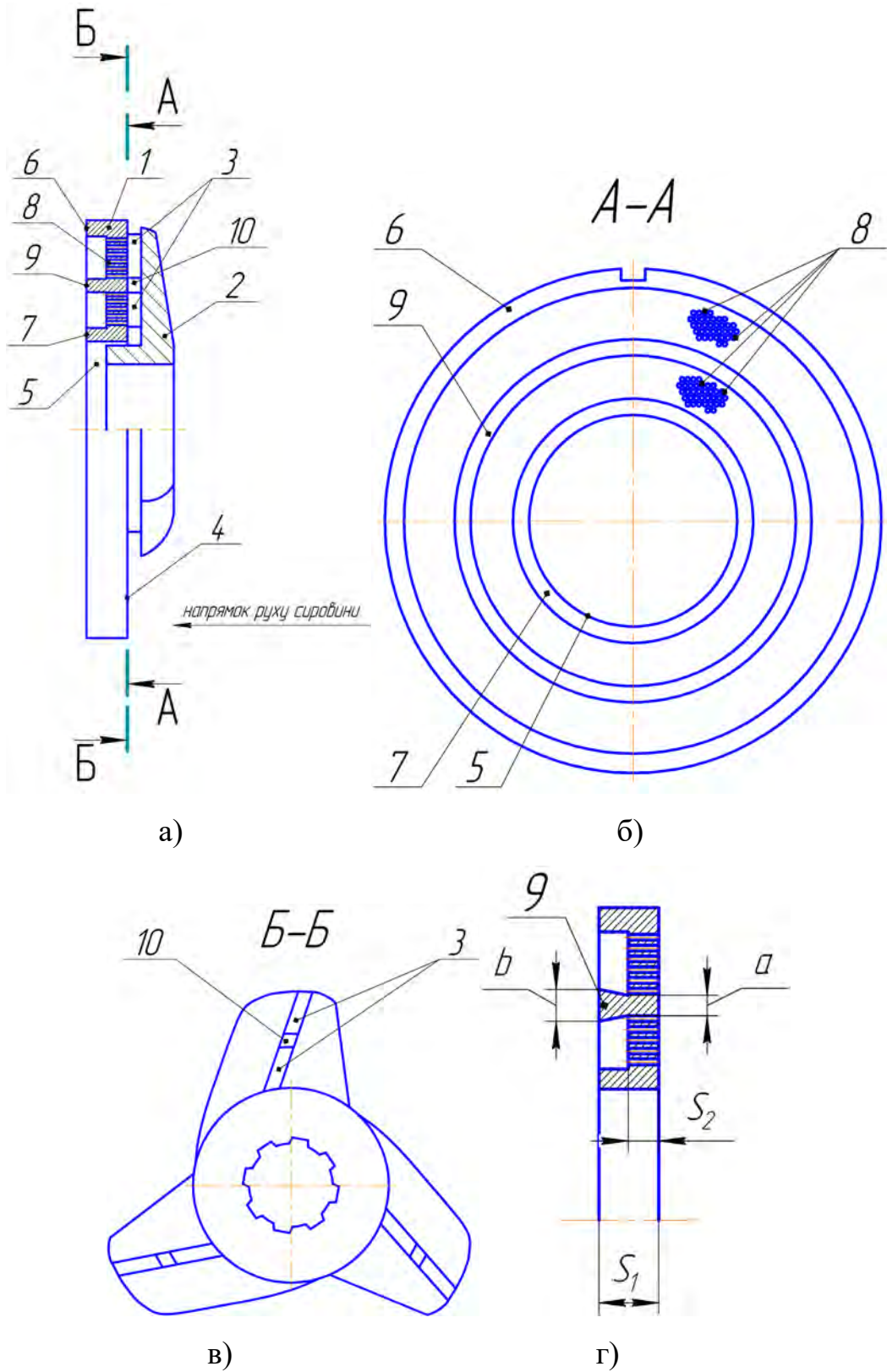


Рис. 5.63. Конструкція різального механізму емульсатора: а) – загальний вигляд; б) – загальний вигляд решітки; в) – загальний вигляд ножа; г) – поперечний переріз решітки

Різальний механізм містить щонайменше одну перфоровану решітку 1, з якою контактує обертовий ніж 2, який, в свою чергу, має щонайменше одне лезо 3. Перфорована решітка являє собою пластину з однією або двома робочими торцевими поверхнями 4. Решітка має центральний отвір 5, периферійне кільце жорсткості 6, що розташоване по периметру решітки, центральне кільце жорсткості 7, що розташовано по периметру центрального отвору 5 та робочі отвори 8, які призначені для подрібнення харчової сировини.

Товщина решітки  $S_1$  на ділянках кілець жорсткості може бути вища за товщину решітки  $S_2$  на ділянках з робочими отворами.

Решітка має щонайменше одне проміжне кільце жорсткості 9, яке розташовано поміж центральним 7 та периферійним 6 кільцями жорсткості. Кожне лезо ножа 3 має щонайменше одну проміжну ділянку 10, яка при обертанні ножа в складі різального механізму не треться об решітку. Проміжна ділянка 10 лез ножа розташована над відповідним проміжним кільцем жорсткості 9 решітки таким чином, що проміжна ділянка леза 10 не треться об проміжне кільце жорсткості 9.

Ширина проміжного кільця жорсткості 9 може бути змінною таким чином, що ширина кільця  $a$  з боку контакту решітки з відповідним обертовим ножом є мінімальною на відміну від ширини  $b$  з протилежного боку. Робочі отвори 8 розташовані поміж центральним 7, проміжними 9 та периферійним 6 кільцями жорсткості.

Внаслідок того, що перфорована решітка має проміжне кільце жорсткості 8, а також внаслідок наявності в лезах ножа проміжних ділянок 10 при обертанні ножа леза 3 не треться об елементи жорсткості решітки (в даному випадку – об проміжне кільце жорсткості 9).

Це призводить до того, що загальна площа тертя лез 3 ножа об перфоровану решітку зменшується на величину близько 25%. В свою чергу таке зменшення площі тертя призводить до істотного зменшення нагріву харчової сировини при її подрібненні в різальному механізмі. У випадку подрібнення м'ясної сировини

таке зменшення її нагріву обумовлює кращу якість та збільшену кількість виготовленого готового продукту (наприклад, ковбасних виробів).

Результати дослідження нагріву сировини при використанні різального механізму відомої і розробленої конструкцій наведені в таблиці 5.14.

Отже, розроблена конструкція різального механізму емульсатора здатна зменшити нагрів сировини на 4 °С, що є достатнім для забезпечення належної якості продукту.

Таблиця 5.14.

## Величина нагріву сировини при подрібненні в емульсаторі

Конструкція різального механізму	Температура сировини $t$ , °С		Зміна температури сировини $\Delta t$ , °С
	на вході у різальний вузол	на виході з різального вузла	
Стандартна	+6±0,1	+13±0,1	-
Розроблена	+6±0,1	+9±0,1	4±0,1

Конструкція решітки емульсатора, яка наведена на рис. 5.63, окрім означених вище покращених технологічних властивостей володіє ще однією перевагою - підвищеною жорсткістю і, як наслідок, міцністю. Це відбувається за рахунок використання саме проміжного кільця в якості елемента жорсткості. Таку конструкцію можна використовувати як для решіток емульсаторів так і для решіток вовчків. Чисельне моделювання напружено-деформованого стану решітки такої конструкції проводилось за методикою, наведеною в п. 2.2.3. Результати моделювання наведені на рис. 5.64-5.68.

Отримані [27, 272] в ході чисельного моделювання експерименту значення напружень та коефіцієнту запасу міцності були апроксимовані методом найменших квадратів (табл. А. 2 додатку А).

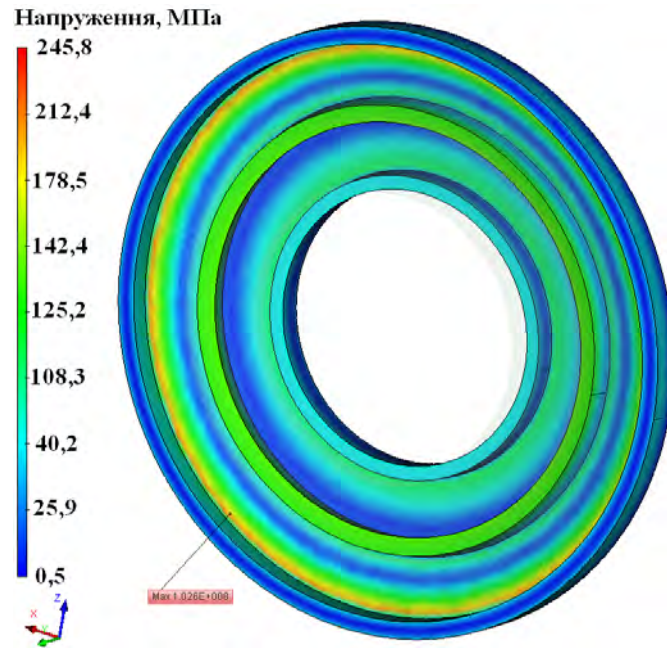


Рис. 5.64. Візуалізація напружено-деформованого стану решітки розробленої конструкції з кільцем жорсткості ( $R_{\kappa}=63,25$  мм;  $B_{\kappa}=6$  мм;  $\delta_{\kappa}=5$  мм;  $\alpha_{\kappa}=0^{\circ}$ )

Встановлено [270, 272], що перехід від ребер жорсткості до кільця жорсткості дозволяє зменшити максимальні напруження на 25,8% (з 309,2 до 245,8 МПа) та підвищити коефіцієнт запасу міцності з 1,29 до 1,63. Застосування кільця жорсткості перемінної товщини дозволяє додатково підвищити коефіцієнт запасу міцності решітки на 10,4% (з 1,63 до 1,8). Визначено геометричні параметри решітки зовнішнім діаметром 175 мм, при яких буде забезпечено найвищу її міцність:  $R_{\kappa}=66,5$  мм;  $B_{\kappa}=6$  мм;  $\delta_{\kappa}=5$  мм;  $\alpha_{\kappa}=20^{\circ}$ .

Отримані результати [270] повністю відповідають положенням теорії опору матеріалів, оскільки кільце жорсткості при згинанні решітки працює переважно на розтяг, а не на згинання, як радіальні ребра жорсткості. В такому разі матеріал елемента жорсткості більш повно сприймає навантаження, що є більш вигідним з точки зору жорсткості та міцності диску (решітки).

Загалом, можна зробити висновок [270, 272], що нова конструкція перфорованої решітки дозволяє забезпечити кращі умови подрібнення харчової сировини у різальному механізмі, а також підвищену довговічність решітки.

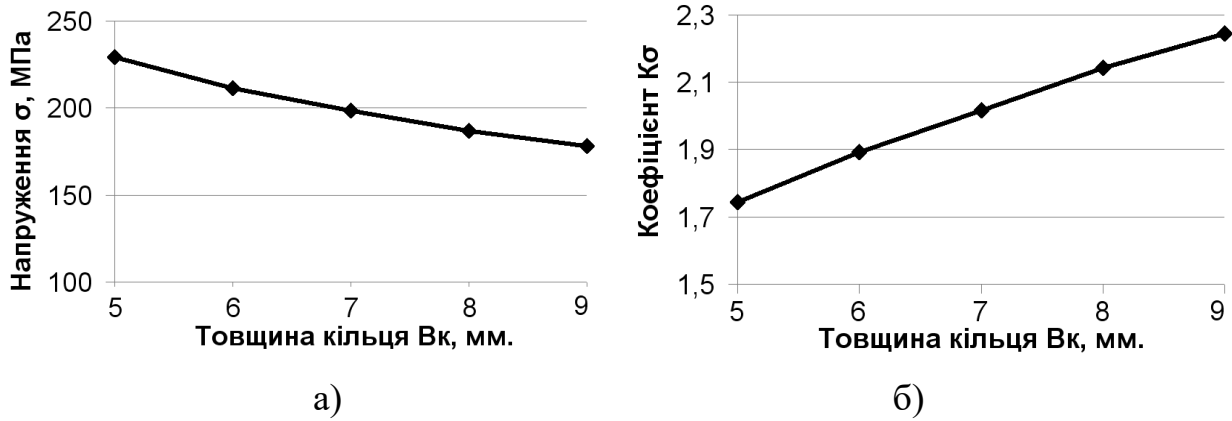


Рис. 5.65. Залежність показників міцності решітки від товщини кільця жорсткості  $B_k$  ( $R_k=63,25$  мм;  $\delta_k=5$  мм): а) – максимальні напруження  $\sigma$ ; б) – коефіцієнт запасу міцності  $K_\sigma$

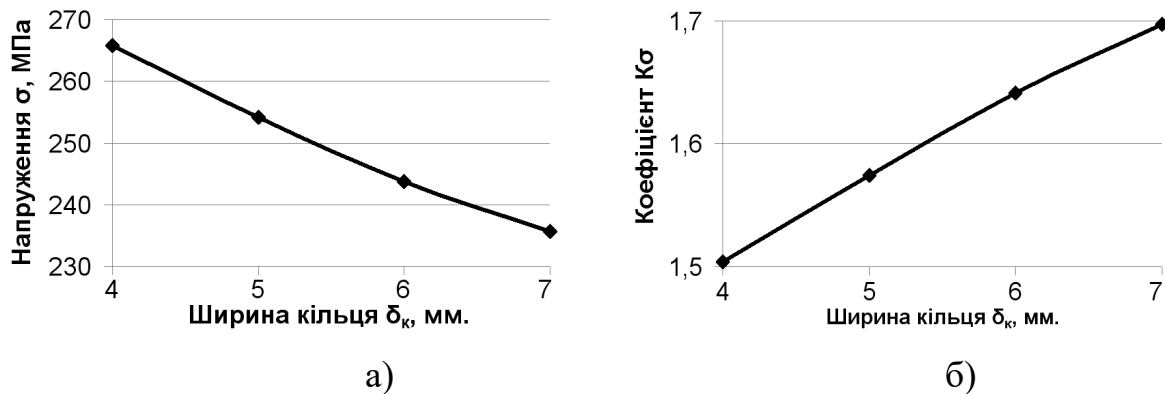


Рис. 5.66. Залежність показників міцності решітки від ширини кільця жорсткості  $\delta_k$  ( $B_k=6$  мм;  $R_k=63,25$  мм): а) – максимальні напруження  $\sigma$ ; б) – коефіцієнт запасу міцності  $K_\sigma$

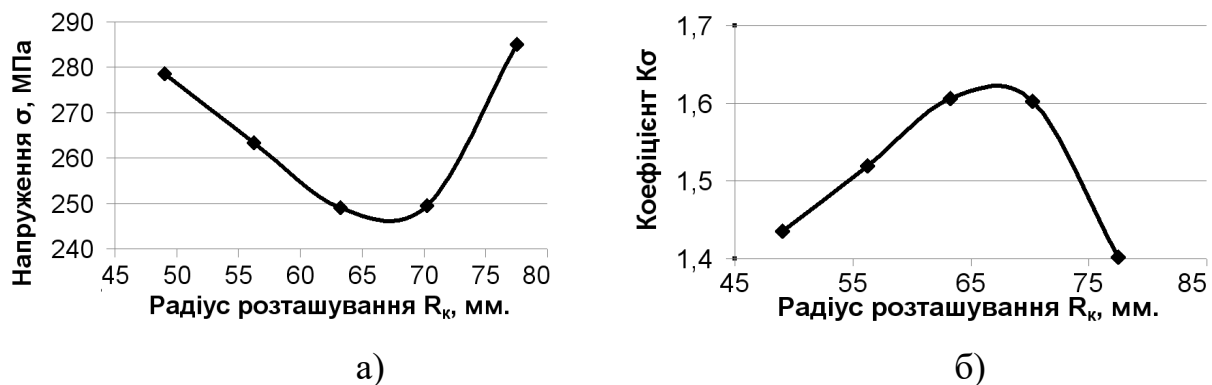


Рис. 5.67. Залежність показників міцності решітки від радіусу розташування кільця жорсткості  $R_k$  ( $B_k=6$  мм;  $\delta_k=5$  мм): а) – максимальні напруження  $\sigma$ ; б) – коефіцієнт запасу міцності  $K_\sigma$

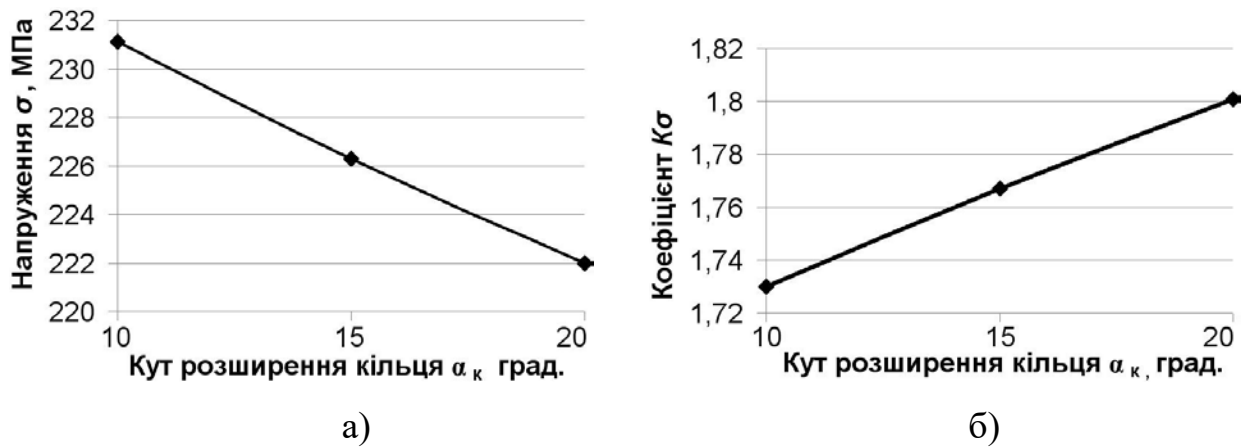


Рис. 5.68. Залежність показників міцності від кута  $\alpha_k$  ( $B_k=6$  мм;  $\delta_k=5$  мм;  $R_k=63,25$  мм): а) – напруження  $\sigma$ ; б) – коефіцієнт запасу міцності  $K_\sigma$

Змінні леза ножів та решітки емульсатора також, як різальний інструмент вовчка, підлягали нанесенню захисного зносостійкого покриття імпульсно-плазмовим методом. Вид покриття і результати натурних експериментальних досліджень підвищення зносостійкості наведені в таблиці 5.14. Фотографія лез, на які було нанесене захисне покриття, наведена на рис. 5.69.



Рис. 5.69. Фотографія лез ножа емульсатора з нанесеним зносостійким металокерамічним покриттям WC-Co 88/12

Наведені результати показують перспективність застосування означеного виду покриття та способу його нанесення для підвищення довговічності ножів емульсатора.

Таблиця 5.15.

**Підвищення довговічності різального інструменту емульсатора**

Вид покриття	Матеріал різального інструменту	Підвищення зносостійкості, разів	
		ножів	решіток
Металокераміка WC-Co 88/12 (фракція 15-45 мкм) (75%Cr <sub>3</sub> C <sub>2</sub> +25%NiCr)	Сталь 65Г	2,8-3,4	2,4-2,8

Збільшення зносостійкості по відношенню до ножів вовчка можна пояснити проявом високої теплостійкості захисних покриттів саме при роботі різального вузла емульсатора, частота обертання ножів якого вища на порядок в порівнянні з частотою обертання ножів вовчка.

Акти впровадження результатів досліджень наведені в Додатку В. Розрахунок економічного ефекту від впровадження розроблених технічних рішень з вдосконалення емульсаторів наведений в додатку Г.

**5.3 Висновки за розділом 5**

Спираючись на аналіз отриманого масиву наукової інформації та розроблені методологічні засади розвитку машин для подрібнення м'ясної сировини встановлено взаємозв'язки між параметрами гідравлічних процесів подачі і механічних процесів подрібнення та конструктивними і кінематичними характеристиками вузлів обладнання, які потребують більш високого рівня узгодження шляхом вдосконалення конструкції та кінематичних параметрів машин для подрібнення м'ясної сировини. З цією метою розроблено низку конструкцій машин для подрібнення м'ясної сировини, а також їх робочих органів, які є суттєвим кроком в подальшому розвитку даного виду обладнання і дозволяють підвищити питому продуктивність машин та якість обробки сировини, а саме:



1. Серія нових конструкцій ножів кутера, які дозволяють зменшити інтенсивність нагріву сировини, в залежності від глибини розглядуваного шару, на величину від 30% до 70%; істотно зменшити витрати енергії на тертя ножів об сировину, обумовлюючи зменшення енергоспоживання приводом кутера; підвищити продуктивність кутера шляхом створення умов для подачі більшої кількості сировини під наступний ніж ножового блоку; покращити якість варених ковбас використанням змінного кута різання; інтенсифікувати процес кутерування шляхом корисного використання кінетичної енергії сировини при її русі в зоні обробки.

2. Нова конструкція вовчка, яка має дві ступені подрібнення і дозволяє забезпечити одночасну ефективну подачу сировини по усій площі решіток різального вузла і таким чином збільшити продуктивність машини на величину до 84%. Підвищення питомої продуктивності досягається і за рахунок використання трьохзаходних і двозаходних шнеків спеціальної будови.

3. Збірна конструкція решітки вовчка зі змінними пластинами малої товщини, яка дозволяє зменшити гідравлічний опір та покращити якість обробки сировини за рахунок зменшення її стискання при продавлюванні крізь решітку. Конструкція решітки дозволяє суттєво зменшити витрати на придбання різального інструменту.

4. Нова конструкція ножів вовчка з лезами, які розміщені лише в зонах інтенсивного нагнітання сировини шнеком, чим значно зменшується металоємність ножів. Для підвищення міцності лез застосовано опорне лезо підвищеної ширини для сприйняття навантаження від інших лез, які виконані зменшеної ширини задля забезпечення високої пропускну здатності різального вузла.

5. Нова конструкція бункеру та різального механізму емульсатора які забезпечують підвищення продуктивності в 1,4 рази в порівнянні з відомими конструкціями та дозволяють зменшити нагрів сировини при подрібненні до 40% за рахунок зменшення кількості теплоти, яка передається одиниці маси сировини при її проходженні крізь різальний вузол.

6. Розроблено спосіб зміцнення ножів кутера, заснований на використанні поверхневого зміцнення шляхом високочастотного проковування, здатний покращити втомну міцність ножів кутера до 2,5 разів.

7. Розроблена конструкція додаткового пристрою (захисного піддону) для його використання у вовчках. Використання захисного піддону дозволяє зменшити зношування шнеку та робочого циліндру машини, що підвищує її параметричну надійність.

8. Запропоновано підвищувати зносостійкість різального інструменту вовчків і емульсаторів шляхом нанесення імпульсно-плазмовим методом зносостійкого металокерамічного покриття WC-Co 88/12. Використання даного покриття підвищило зносостійкість лез ножів вовчка в 2,6-3,2 рази, різального інструменту емульсатора в 2,4-3,4 рази.

## ВИСНОВКИ

Сукупність представлених у дисертаційній роботі результатів експериментальних та теоретичних досліджень, отриманих та обґрунтованих нових наукових положень і технічних рішень, становить нове вирішення важливої науково-технічної проблеми створення науково-прикладних засад для проектування нових та модернізації існуючих конструкцій вовчків кутерів та емульсаторів, які забезпечують підвищення загальної ефективності процесу подрібнення м'ясної сировини. Найбільш істотні наукові результати і висновки дисертаційної роботи полягають у такому:

1. В результаті аналізу і узагальнення науково-технічної інформації з існуючих конструкцій вовчків, кутерів і емульсаторів, їх технологічних параметрів та відомих методологічних підходів до вдосконалення даного типу машин запропоновано нову концептуальну гіпотезу вдосконалення машин для подрібнення м'ясної сировини, яка ґрунтується на системному взаємоузгодженні гідравлічних процесів подачі м'ясної сировини та механічних процесів її подрібнення. Сутність гіпотези полягає в тому, що визначаються та взаємоузгоджуються параметри системи подачі та подрібнення, які забезпечують максимальну загальну ефективність процесу, включаючи напружено-деформований стан, втомну витривалість і характеристики зношування робочих органів.

2. Створено методологію, підібрано прилади та розроблено обладнання для дослідження і моделювання процесів, які відбуваються при взаємодії робочих органів вовчків кутерів та емульсаторів із м'ясною сировиною під час її переробки.

3. Запропоновано використовувати науково-винахідницький біном, що являє собою системне взаємоінтегроване поєднання наукових досліджень та методологічних засобів аналізу і вирішення технічних протиріч, як методологічний базис для вирішення технічних задач зі складними протиріччями, який спирається на концептуальну гіпотезу вдосконалення

машин для подрібнення м'ясної сировини. Розроблено схеми алгоритмів вирішення даних задач як у прямій так і зворотній їх постановці.

4. Теоретично встановлено та експериментально підтверджено закономірності гідродинаміки руху сировини в робочих зонах кутерів, вовчків та емульсаторів, особливості їх впливу на різні етапи процесів подрібнення. Встановлено нові системні зв'язки між параметрами гідравлічних процесів подачі і механічних процесів подрібнення та конструктивними і кінематичними характеристиками вузлів обладнання, структурно-механічними характеристиками сировини.

5. Чисельним моделюванням з'ясовано значення тисків, які діють на ножі кутера за різних умов їх роботи. Встановлено закономірності впливу кута загострення леза, швидкості різання та динамічної в'язкості сировини на тиск, який діє на поверхню леза ножа. За швидкості потоку 50 м/с зміна кута  $\beta$  від  $2^\circ$  до  $14^\circ$  призводить до зміни тиску на лезо від 0,05 МПа до 1,37 МПа залежно від в'язкості сировини. За швидкості потоку 200 м/с тиск на лезо змінюється відповідно від 0,69 МПа до 13,66 МПа. Отримані результати дозволяють врахувати вплив конструктивних і технологічних факторів процесу на силове навантаження на ніж і, відповідно, підвищити точність розрахунку ножів на міцність та межу втомної витривалості.

6. Шляхом математичного моделювання із використанням чисельних методів встановлено, що ножі кутера всіх досліджених типів при використанні їх в сучасних високошвидкісних машинах працюють в області частот коливань, наближених до резонансних. З'ясовано вплив конструктивних параметрів ножів на їх резонансні частоти. Отримано кількісні характеристики впливу вібраційних навантажень на напружено-деформований стан ножів. Для ножів найбільш поширених типів навіть при виконанні їх конструкції з максимальною питомою товщиною спостерігається підвищення коефіцієнту динамічності в межах  $\beta=1,04-2,24$ , що викликає пропорційне підвищення деформацій і напружень.

7. Встановлено закономірності впливу технологій зміцнення матеріалу та геометричних характеристик ножів кутерів на межу їх втомної витривалості. Технологія високочастотного механічного проковування дозволяє підвищити втомну витривалість сталі 65Г до 2,5 разів. Технологія імпульсно-плазмового зміцнення призводить до зменшення втомної витривалості в 3-3,5 рази. З'ясовано, що геометричні характеристики суттєвим чином впливають на втомну витривалість відомих конструкцій ножів кутерів при знакозмінних навантаженнях (Laska універсальний -  $2,2 \cdot 10^4$  циклів; Laska для сирокочених ковбас -  $2,2 \cdot 10^4$  циклів; Seydelmann -  $2,4 \cdot 10^4$  циклів; Alpina -  $4,2 \cdot 10^5$  циклів; Kilia -  $1 \cdot 10^6$  циклів і вище; Л5-ФКБ -  $1 \cdot 10^6$  циклів і вище). За результатами досліджень запропоновано та обґрунтовано комплекс рекомендацій, для підвищення втомної витривалості ножів кутера, при модернізації існуючого та проектуванні нового обладнання.

8. На основі результатів натурних експериментів встановлено, що одним із суттєвих факторів зношування різальних крайків лез ножів та отворів решіток є осьова подача м'ясної сировини шнеком вовчка. Даний фактор обумовлює близько 40% загальної величини зношування і затуплення різальних крайків ножів та решіток. Дослідження зносостійкості лез ножів та отворів решіток емульсаторів у виробничих умовах дозволило встановити, що величини їх зношування збільшується квадратично зі збільшенням радіусу розташування точки вимірювання. Отримані результати розширюють уявлення про механізми зношування різальних крайків лез ножів та отворів решіток кутерів та емульсаторів і створюють передумови для пошуку нових шляхів підвищення зносостійкості різального інструменту даних типів машин конструктивними та технологічними методами.

9. Використовуючи отримані результати досліджень запропоновано, обґрунтовано та реалізовано комплекс конструктивних (серія нових конструкцій ножів кутера, збірна конструкція решітки вовчка, нова конструкція ножів вовчка з лезами, розміщеними лише в зонах інтенсивного нагнітання сировини шнеком, нова конструкція різального механізму

емульсатора, конструкція захисного піддону вовчків) та технологічних заходів (спосіб зміцнення ножів кутера шляхом високочастотного проковування, нанесення імпульсно-плазмовим методом зносостійкого металокерамічного покриття WC-Co 88/12 на леза ножів та решітки емульсаторів) які забезпечили підвищення зносостійкості до 3,4 разів, механічної міцності до 34% та втомної витривалості до 2,5 разів робочих органів вовчків, кутерів і емульсаторів.

10. Спираючись на аналіз отриманого масиву наукової інформації та розроблені методологічні засади вдосконалення машин для подрібнення м'ясної сировини набули подальшого розвитку положення про вплив основних конструктивних і кінематичних параметрів вовчків, кутерів і емульсаторів та структурно-механічних властивостей сировини на загальну ефективність процесів подрібнення. Обґрунтовано необхідність, рівні та способи взаємоузгодження конструктивних і кінематичних параметрів систем подачі та подрібнення, які забезпечують значне підвищення загальної ефективності процесів подрібнення у вовчках, кутерах, та емульсаторах і, відповідно, визначають базові напрямки вдосконалення і розвитку машин для подрібнення м'ясної сировини.

11. Дослідно-промислові випробовування розробленої з врахуванням результатів досліджень низки нових конструкцій вовчків, кутерів та емульсаторів, а також їх робочих органів, підтвердили ефективність створених науково-прикладних засад подальшого вдосконалення і розвитку даного виду обладнання показавши підвищення питомої продуктивності машин (до 2,8 разів), якості обробки сировини, енергоефективності процесів, працездатності машин та зниження вартості їх експлуатації. Окремі результати досліджень та методика проектувального розрахунку вовчків впроваджено у навчальний процес Черкаського державного технологічного університету. Крім того результати досліджень впроваджено у виробництво на м'ясопереробному підприємстві ТОВ «Черкаська продовольча компанія» (підтверджено відповідними актами). Економічний ефект, залежно від

застосованих технічних рішень складає: для кутерів до 1304000 грн., для вовчків до 344000 грн., для емульсаторів до 220000 грн.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Aguilera J. M., Stanley D. W. Microstructural principles of food processing and engineering // Second edition, Aspen Publishers, Inc. Gaithersburg, Maryland. 1999. P. 432.
2. Alvarez M., Canet W. Rheological characterization of fresh and cooked potato tissue // Z. Lebensm. Unters. Forsch. A. 1998. Vol. 07. P. 55-65.
3. Ambrosiadis J., Wsrth F. Brühwurst-Herstellung. Zerkleinerung des Bindegewebes und Temperaturführung // Fleischwirtschaft. 1984. Vol. 6. P 904-912.
4. Ambrosiadis J., Klettner P. Einfluss des Kutterprozesses auf Brühwurst// Fleischwirtschaft. 1981. Vol. 61, P. 1621-1628.
5. Batrachenko A. V., Filimonova N. V. The influence of structural and kinematic parameters of working bodies of the meat grinders on its productivity // Foods and Raw Materials. Kemerovo Institute of Food Science and Technology. 2017. Vol. 5. no. 1. P. 118-131.
6. Becker M. Energieeffizienz in der Kälte- und Klimatechnik durch adäquaten Einsatz von Automatesierungstechnik // Vortrag DKV-Bezirksverein Stuttgart, Sindelfingen. 2006. P. 1-57.
7. Bostan K., Uğur M., Çetin Ö. Kanatlı etinden salam üretimi üzerine deneysel çalışmalarstan // İstanbul Üniv. Vet. Fak. Derg,2001. Vol. 27 (2). P. 631-644.
8. Bowser T. J. Development and evaluation of novel cutter separator for food and agricultural products // Applied Engineering in Agriculture. 2000. Vol. 16(6). P. 671-676.
9. Caligulu U. The Fatigue Strength of AISI 430—304 Stainless Steels Welded by CO<sub>2</sub> Laser Beam Welding // Metallofiz. новейшие технол. 2015. Vol. 6. P. 839-852.
10. Dolata W., Rywotycki R. The optimal design of knives of bowl cutters // J. Food Technol. 2001. Vol. 2. P. 87-94.
11. Dolata W., Kubiak M. Wpływ różnych czynników na temperaturę farszu i czas w procesie kutrowania nauki inżynierskie i technologie engineering sciences and



- technologies // Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu. 2013. Vol. 2(9), P. 33-41.
12. Dolata W. Bewertung der technologischen Arbeitsqualität von Kuttermesser. 1. Messer mit Schneidkante in Gestalt einer gebrochenen Linie // Die Fleischwirtschaft. 1998. Vol. 9, P. 942-945.
13. Dolata W. Bewertung der technologischen Arbeitsqualität von Kuttermesser. Messer mit Schneidkante in Gestalt des Abschnittes einer logarithmischen Spirale // Die Fleischwirtschaft. 1998. Vol. 12, P. 1242-1244.
14. Dolata W. Bewertung der technologischen Arbeitsqualität von Kuttermesser. Vergleichende Bewertung von Messern mit unterschiedlich gestalteten Schneidkanten // Die Fleischwirtschaft. 1999. Vol. 5, P. 94-97.
15. Dolata W. Einfluss des Schliffwinkels von Kuttermesser auf die Qualität von Brühwurst // Die Fleischwirtschaft. 1997. Vol. 77-78. P. 700-703.
16. Eberle T., Hopfengärtner H., Lindner N., Pfeiffer B. Austausch von Schweinefett durch Rinderfett emulsion bei Brühwurst // Kulmbacher Notizen. 1998. № 2. P. 8-11.
17. Eneji C. A. Influence of technological processes on the rheological properties of processed chicken meat // Pakistan Journal of Nutrition. 2007. Vol. 6 (6). P. 566-569.
18. Filimonova N., Dzub O. Reserve of increasing durability of knives of meat cutting mincers // Food Science for Well-being: 8<sup>th</sup> Central European Congress on Food: abstracts, May 23-26, 2016. / Kyiv, Ukraine, 2016. P. 50.
19. Haack E., Schnackel W. From meat to emulsion - a single operation - Separation systems for upgrading material properties of meat: part 2 // Fleischwirtschaft International. 2008. Vol. 5. P. 23-28.
20. Haack E., Schnackel W. Virtually unlimited combinations possible - Separation systems for upgrading material properties of meat: part 1 // Fleischwirtschaft International. 2003. Vol. 4. P. 41-45.

21. Haack E., Schnackel W., Haack O. Eine revolution kundigt sich an der pump wolf wird alle bereiche der fleisch bearbeitung erfassen – letzter teil // Fleischwirtschaft. 2003. Vol. 9. P. 67–70.
22. Haack E., Schnackel W., Haack O. Optimal Fördern und Zerkleinern - Grundlagen und Vorgänge bei der Fleischbearbeitung mit Maschinen der Wolfstechnologie // Fleischwirtschaft. 2003. Vol. 6. P. 41–47.
23. Haack E., Schnackel W., Haack O. Voraussetzungen für gute leistung // Fleischwirtschaft. 2003. Vol. 5. P. 28–34.
24. Haack E., Schnackel W., Haack O. Messer verschleiß ist reduzierbar ablaufende einzelnen schneide benenne ein essschneid satz eines fleischwolfes // Fleischwirtschaft. 2003. Vol. 7. P. 23–26.
25. Haack E., Schnackel W., Krickmeier J. Wirkungsgrade deutlich verbessern // Fleischwirtschaft. 2012. Vol. 6. P. 25–33.
26. Haack W., Schnackel W., Wilke J. Bearbeitungsvorgänge im Kutter - Konstruktive Voraussetzungen für qualitativ hochwertige Fleischwaren. // Fleischwirtschaft. 1999. Vol. 4. P. 36–40.
27. Haack E. Produktivität, Energieverbrauch und Produktionszeit // Fleischerei Technik. 1997. Vol. 2. P. 38–43.
28. Haack E., Schnackel W. Kombinationsmöglichkeiten quasi unbegrenzt - Trennsysteme zur Aufwertung stofflicher Eigenschaften von Fleisch // Fleischwirtschaft. 2008. Vol. 3. P. 49–54.
29. Haack E., Schnackel W., Haack O. Probleme, ursachen und losungen // Fleischwirtschaft. 2003. Vol. 4. P. 52–56.
30. Haack E., Schnackel W., Stoyanov S. Wolfstechnik - Der Rohstoff spielt eine Doppelrolle - Konstruktionsqualität und abgestimmte Messergeometrien ermöglichen neue Leistungsbereiche // Fleischwirtschaft. 2007. Vol. 1. P. 50–55.
31. Haack E., Schnackel W. Vom Rohstoff zum Feinbrät - ein Arbeitsgang - Trennsysteme zur Aufwertung stofflicher Eigenschaften von Fleisch // Fleischwirtschaft. 2008. Vol. 4. P. 5–80.

32. Hakkemaskine, isaerkodhakkemaskine: пат. на винахід 159999 ВДанія; кл. В 02 С 18/30; 1979.
33. Hakkemaskine tilhakningaf kodellerlig nendemateriale: пат. на винахід 159591 В Данія; кл. В 02 С 18/30; 1977.
34. Hammer G., Stoyanov S. Kuttermesser - unterschiedliche anschliff- und gleitwinkel // Mitteilungsblatt fleischforschung Kulmbach. 2010. Vol. 49. P. 183-195.
35. Hammer G., Stoyano S. Uber das Kuttern von Bruhwurstbrat. // Mitteilungsblatt der Fleischforschung Kulmbach. 2008. Vol. 47. P. 243-251.
36. Hammer G.; Stoyanov S. Kuttern mit zwei Messern und Kutterleistung. Bundesforschungsanstalt fur Ernährung und Lebensmittel, Jahresbericht, Karlsruhe. 2007. Vol. 01. P. 24-26.
37. Hongsprabhas P., Barbut S. Effect of pre-heated whey protein level and salt on texture development of poultry meat batters // Food Research International. 1999. Vol. 32. P. 145-149.
38. Kaack K., Pedersen L. Low-energy and high-fibre liver paté processed using potato pulp // Eur Food Res Technol. 2005. Vol. 220. P. 278-282.
39. Kolev E., Stoyanov S. Verifikationsmethode zur Bestimmung der Belastung an Bauteilen durch Simulation und Experiment // Internationales Wissenschaftliches Kolloquium. 2002. Vol. 47. P. 23.-26.
40. Martin Moser. Ermudungsbruch von Fleischhackmessern // Kuttermesser. 2010. URL: [http://martin-moeser.de/Veroeffentlichungen/Bruch\\_Kuttermesser.pdf](http://martin-moeser.de/Veroeffentlichungen/Bruch_Kuttermesser.pdf)
41. Maschine, besonder shack maschine zum hacken von fleisch oderahnlich enaufgaben: пат. на винахід DT 2623322 A1ФРН; кл. В 02 С 18/00; 1976.
42. Messer fur Fleischwolfe: пат. на винахід. DE 4301787C1ФРН; кл. В 02 С 18/36; 1994.
43. Klyuk O., Batrachenko O. Constructive ways of increasing of Durability of cutting machines' tool for grinding meat // Тези доповідей 8-го Центрально-Європейського конгресу «8th Central European Congress on Food 2016 - Food Science for Well-being», 23-26 May 2016. /Kyiv, Ukraine. 2016. P. 49.

44. Peyron M., Mishellany A., Woda A. Histometric evaluation of meat products // J. Dent. Res. 2004. Vol. 83 (7). P. 578-582.
45. Puolanne E., Ruusunen M., Kukkonen E. Einfluss von Kutterzeit und -temperatur auf das Wasserbindungsvermögen des Fleisches in Brühwurst // Fleischwirtschaft. 1983. Vol. 63, P. 915-916.
46. Ruusinen M., Vainionpää J., Puolanne E., Lyly M. Physical and sensory properties of low-salt phosphate-free frankfurters composed with various ingredients // Meat Science. 2003. Vol. 63. P. 9-16.
47. Sannik U., Pappel T. Complete milling technologies of different valuable materials // 4<sup>th</sup> International DAAAM Conference “Industrial Engineering – Innovation as Competitive Edge for SME”. 29 - 30<sup>th</sup> April 2004. / Tallinn, Estonia. 2004. P. 43-45.
48. Schnackel W., Haack E. Optimization of meat mincing processes // 53-rd International congress of meat science and technologie. China agriculture university, press., 12 - 17<sup>th</sup> April, 2007. 2007. P. 487–488.
49. Schnackel W., Krickmeier J. Determination of meat cutting properties through the analysis of Warner Bratzler curve - Investigations on beef, pork and back fat under chilled temperature and low speed for energy saving // Fleischwirtschaft International. 2011. Vol. 4. P. 56–61.
50. Schnackel W., Krickmeier J., Pongjanyanukul W., Schnackel D. Modelling of mincing processes by determination of meat cutting properties through the analysis of Warner Bratzler curve // Tagungsband 57th International Congress of Meat Science and Technology, 22 - 24<sup>th</sup> May, 2011. 2011. P. 268.
51. Schnackel W., Krickmeier J., Schnackel D., Micklisch I. Untersuchungen zur Optimierung des Wolfprozesses // Fleischwirtschaft. 2011. Vol. 7. P. 83–87.
52. Schnackel W., Krickmeier J., Pongjanyanukul W., Schnackel D. Untersuchungen zur Optimierung des Wolfprozesses // Fleischwirtschaft. 2012. Vol. 3. P. 148–153.
53. Schnackel W., Krickmeier J., Pongjanyanukul W., Schnackel D. Untersuchungen zur Optimierung des Wolfprozesses // Fleischwirtschaft. 2012. Vol. 1. P. 88–92.

- 54.Schnackel W., Krickmeier J., Pongjanyanukul W., Schnackel D., Micklisch I., Haack O. Untersuchungen zur Optimierung des Wolfprozesses // Fleischwirtschaft. 2012. Vol. 7.P. 91–96.
- 55.Schnackel W., Krickmeier J. Determination of beef and pork cutting properties through the analysis of Warner Bratzler curve //Food Science, Engineering and Technologies 2010: scient. conf. with internat. participation: proceedings., 15–16 October, 2010. / Plovdiv, 2010. Vol. LVII. P. 103–108.
- 56.Schnackel W.Energieersparnis durch intelligente Technik // Fleischwirtschaft. 2013. Vol. 7.P. 24–30.
- 57.Schnäckel W., Ehrle E., Haack O. Gelochte Messer mindern Spannung// Die Fleischwirtschaft. 2004. Vol. 1. P. 51-55.
- 58.Schnäckel W., Krickmeier J., Deisenroth R. Qualität von Brühwurst verbessern // Die Fleischwirtschaft. 2003. Vol. 12. P. 81-84.
- 59.Seidel B., Jakob P., Blochwitz R. Verarbeitungstechnische Grundlagen Untersuchungen zum Stand der Kutterentwicklung // Fleischerei-Technik.1994. Vol. 10 (1). P. 37-46.
- 60.Shirsat N., Brunton N., Lyng J., McKenna B. Water holding capacity, dielectric properties and light microscopy of conventionally and ohmically cooked meat emulsion batter//Eur. Food Res. Technol. 2004. Vol. 219. P. 3-5.
- 61.Shulov V.A., Nochovnaya N.A. Fatigue strength of metals and alloys modified by ion beams // Surface and Coatings Technology. 2002. P. 33–41.
- 62.Sielaff H., Schleusener H. Chemisch-physikalische Vorgänge bei Zerkleinerungs- und Mischprozessen // Fleischerei Technik International. 2005. Vol. 3-4. P. 22-27.
- 63.Singh A., Copley S., Bass M. Fatigue Resistance of Laser Heat Treated 104-5 Carbon Steel // Met.Trans. 1981, Vol. 4. P. 138-140.
- 64.Stoyanov S., Hammer G. Physikalische Parameter von Braten. Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel // Karlsruhe. 2005. Vol. 01, P. 181-183.

65. Stoyanov S., Hammer G. Mitteilungsblatt der Fleischforschung Kulmbach // Karlsruhe. 2008. Vol. 179. P. 1-12.
66. Stoyanov S., Schnäckel W., Haack O. Schneidwerkzeuge stabil konstruieren - Festigkeitsberechnungen von Messern und Lochscheiben eines Fleischwolfes // Fleischwirtschaft. 2003. Vol. 83 (8). P. 39-44.
67. Stoyanov S. Brühwurstbrät – physikalische Messparameter // Kulmbacher Woche. Kurzfassung Vortrag. 2005. Vol. 5. P. 13-21.
68. Stoyanov S., Hammer G. Kattern: Kräfte am Messer, Temperatur und Leistung // Kulmbacher Woche - Kurzfassung Vortrag. 2007. Vol. 4. P. 27-31.
69. Stoyanov S.; Hammer G. Physikalische Parameter von Braten // Institut für Technologie. 2005. Vol. 1. P. 181-183.
70. Sulzbacher W. L., Swift S. E. Processing factors and emulsion characteristics // 16<sup>th</sup> European Meeting of Meat Research Workers., Meat Technology., Research & Project Institute, 23-26 May 1970 / Sofia, 1970. Vol. 2. P. 1027-1029.
71. Vural H., Javidipour I. Replacement of beef fat in Frankfurters by interesterified palm, cottonseed and olive oils // Eur. Food Res. Technol. 2002. Vol. 214. P. 465-468.
72. Schnackel W., Micklisch I., Krickmeier J., Schnackel D. Optimisation of cutter knives for the production of cooked sausages. // Food science, engineering and technologies. 24 - 25 October 2008. / Plovdiv. 2008. P. 77-83.
73. Адлер Ю. П. Введение в теорию планирования эксперимента Москва: Металлургия, 1969. 155 с.
74. Азаров Б. М. Технологическое оборудование пищевых производств. Москва: Агропромиздат, 1988. 344 с.
75. Алехина Л. Т. Технология мяса и мясопродуктов. Москва: Агропромиздат, 1988. 576 с.
76. Альтшуллер Г. С. Найти идею. Петрозаводск: Скандинавия, 2003. 345 с.
77. Альтшуллер Г. С. Творчество как точная наука. Москва: Советское радио, 1979. 126 с.
78. Альтшуллер Г. С. Алгоритм изобретения. Москва: Московский рабочий,

1973. 296 с.

79. Андрианов А. С., Мартынов Г. А., Крючков Г. Н. Определение динамических нагрузок волчка // Мясная индустрия СССР. 1981. № 5. С. 32–34.
80. Андрианов А. С., Юрков С. Г., Гаврилин С. П. Надежность волчка К6-ФВЗП-200 при эксплуатации // Мясная индустрия СССР. 1982. № 9. С. 18–24.
81. Антипов С. Т. Машины и аппараты пищевых производств: учебник для вузов. Москва: Высш. шк., 2001. 1386 с.
82. Арутюнян А. Р. Коррозионный рост трещин и усталостная прочность сложных технических систем // Инженерно-строительный журнал. 2013. № 9. С. 42-48.
83. Аскинази Б. М. Упрочнение и восстановление деталей электромеханической обработкой. Ленинград: Машиностроение, 1968. 164 с.
84. Бабкин А. В., Селиванов В. В. Прикладная механика сплошных сред. Основы механики сплошных сред. Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1997. Т 1. 368 с.
85. Бакунц В. Г. К теории обработки мяса в куттере и мешалке. Одноосное сжатие фарша машин // Мясная индустрия. 1966. № 3. С. 50-53.
86. Бакунц В. Г. К теории обработки мяса в куттере и мешалке. Перспективы усовершенствования куттера // Мясная индустрия. 1967. № 2. С. 29-30.
87. Бакунц В. Г. К теории обработки мяса в куттере и мешалке. Сущность процесса и объективный выбор конструктивных параметров машин // Мясная индустрия. 1967. № 3. С. 48-50.
88. Бакунц В. Г., Вартамян Г. Г. Эффективность использования прямых ножей в куттерах // Мясная индустрия. 1987. № 8. С. 28-30.
89. Балакир Э. А. Материалы для изготовления куттерных ножей и способы упрочнения их режущей кромки // Мясная и холодильная промышленность. 1990. № 4. С. 29 – 31

90. Балтер М. А. Упрочнение деталей машин. Москва:Машиностроение, 1978. 184 с.
91. Барбашов Ф. Н., Мартынов Г. А. Восстановление изношенных ножей ручной электродуговой наплавкой // Мясная индустрия СССР. 1977. № 7. С. 10-12.
92. Бареян А. Г. Изменение параметров модельной массы при изнашивании ножей куттеров // Сборник научных трудов СевероКавказского государственного технического университета. Ставрополь, 2004. № 1. С. 123-18.
93. Бареян А. Г. Применение специальных наплавки, покрытий и технологий упрочнения для повышения износостойкости ножей куттеров // Вузовская наука – СевероКавказскому региону: регион. научн. конф., 9-11 окт. 2006 г. / СевероКавказский государственный технический университет. Ставрополь, 2006. С. 87.
94. Батраченко О. В., Філімонова Н. В. Вдосконалення методики розрахунку технологічних параметрів м'ясорізальних вовчків // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті: матеріали міжн. наук. конф., 22-23 квітня 2008 р. // НУХТ. Київ, 2008. С. 242.
95. Батраченко О. В. Вдосконалення різального інструменту кутерів на основі досліджень гідродинаміки сировини при кутеруванні // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність: матеріали міжнар. наук.-практ. конф., 18-19 травня 2017 р. / Харків. 2017. С. 236-237.
96. Батраченко О. В. Вібросійкість ножів сучасних моделей кутерів // Сучасні технології харчових виробництв: матеріали I міжнар. наук.-практ. конф., 26-27 березня 2015 р. / ВНАУ. Вінниця. 2015. С. 9-11.
97. Батраченко О. В. Влияние вибрации ножей куттера на их напряженно-деформированное состояние // Вібрації в техніці та технологіях: матеріали XIV міжнар. наук.-техн. конф., 21-25 вересня 2015 р. / ДНУ. Дніпропетровськ, 2015. С. 12-13.



98. Батраченко О. В. Перспективи розвитку м'ясорізальних машин на основі узгодження гідродинаміки сировини та процесів її подрібнення // Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності: матеріали II міжнар. наук.-практ. конф., 5-7 вересня 2017 р./ Мелітополь – Кирилівка, 2017. С. 127-128.
99. Батраченко О. В. Розрахунок основних технологічних параметрів м'ясорізальних вовчків // Вісник ЧДТУ. Черкаси, 2007. № 3-4, С. 134-139.
100. Батраченко О. В., Мирошніченко К. А. Вдосконалення різального вузла емульсатора // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: матеріали міжн. наук. конф., 13-14 квітня 2016р./НУХТ. Київ, 2016. С. 123.
101. Батраченко О. В., Філімонова Н. В., Філімонов С. О. Підвищення ефективності переробки сировини у вовчках // Системи розробки та постановки продукції на виробництво: матеріали міжн. наук.-практ. конф., 17-20 травня 2016р. / СУМДУ. Суми, 2016. С. 177-180.
102. Батраченко О. В. Вдосконалення різального вузла м'ясорізальних вовчків// Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: матеріали міжнар. наук. конф., 24–27 квітня 2007 р. / НУХТ. Київ, 2007. С. 115.
103. Батраченко О. В., Вербицький С. Б. Науково-винахідницький біном, як концептуальна основа технічного удосконалення конструкцій м'ясорізальних вовчків і кутерів // Продовольчі ресурси: зб. наук. праць / Інститут прод. ресурсів НААНУ. Київ: ІПР, 2018. № 1. С. 13–27.
104. Батраченко О. В. Вплив конструктивних параметрів ножів кутера на частоти їх власних коливань // Вібрації в техніці та технологіях: зб. наук. праць / ВНАУ. Вінниця, 2015. № 1. С. 122-128.
105. Батраченко О. В., Литовченко І. М. Дослідження гідродинаміки м'ясної сировини в бункері емульсатору з горизонтальним живлячим патрубком // Вісник Хмельницького національного університету. 2017. № 2. С. 7-12.

106. Батраченко О. В. Економічна ефективність застосування в кутерах комплексу заходів з підвищення ефективності їх роботи та довговічності // Вісник Черкаського національного університету ім. Богдана Хмельницького. 2017. № 3. С. 95-104.
107. Батраченко О. В. Методологічна концепція розвитку технічних систем харчової промисловості // Вісник Хмельницького національного університету. 2017. № 4. С. 32-41.
108. Батраченко О. В. Моделювання умов силового навантаження ножів кутера // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. 2014. № 2. С. 136-141.
109. Батраченко О. В. Пошук перспективних шляхів розвитку технічної системи на основі методики статистичних даних // Вісник Черкаського державного технологічного університету. 2017. № 3. С. 57-64.
110. Батраченко О. В. Підвищення ефективності роботи та довговічності м'ясорізальних машин: дис. канд. техн. наук: 05.18.12. Вінниця, 2014. 284 с.
111. Батраченко О. В., Філімонова Н. В. Структурно-механічні властивості м'яса, як об'єкта переробки у вовчку // Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем: тези доп. міжнар. наук. конф., 14-16 трав. 2019 р. / ЧНТУ. Чернігів, 2019. С. 47-49.
112. Белухин В. А., Юрков С. Г., Божьев С. В. Конструктивные особенности промышленных волчков // Мясная индустрия. 2006. № 7. С. 53-55.
113. Берендеев Н. Н. Применение системы ANSYS к оценке усталостной долговечности // Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского. Нижний Новгород, 2006. С. 84.
114. Берник П. С. Механічні процеси і обладнання переробного та харчового виробництва: навч. посіб. Львів: Вид-во Нац. ун-ту Львівська політехніка, 2004. 146 с.
115. Білуха М. Т. Основи наукових досліджень: підручник. Київ: Вища шк., 1997. 271 с.

116. Боголюбский С. Д., Гук В. В., Шлямиев А. П. Оценка коррозионной стойкости сталей для режущего инструмента // Мясная индустрия. 2001. № 6. С. 49-51.
117. Бойцов А. Г. Упрочнение поверхностей деталей комбинированными способами: монография. Москва: Машиностроение. 1991. 144 с.
118. Бражников А. М., Горбатов А. В. Истечение измельченного говяжьего сырья через фильтерные решетки // Мясная индустрия СССР. 1986. № 3. С. 27–3.
119. Бубыренко В. К. Исследование волчков с целью повышения их эффективности и долговечности рабочих органов: автореф. дис. канд. техн. наук. Москва: МТИММП, 1977. 24 с.
120. Быстров С. А., Степанова В. М. Новая конструкция ножей для измельчения мяса на волчках // Мясная индустрия СССР. 1976. № 6. С. 18–19.
121. Быстров С. А., Степанова В. М. Промышленные испытания ножей новой конструкции // Мясная индустрия СССР. 1977. № 3. С. 26–27.
122. Вакуленко К В. Влияние многослойного покрытия на коррозионно-усталостную прочность стали 20X13 // ВАНТ. 2012. №2 (78). С. 126-129.
123. Василевский О. М., Соловьев О. В., Трифонова Д. О. Классификация машин непрерывного действия для тонкого измельчения мясного сырья // Мясные технологии. 2006. № 5, С. 43–45; № 6, С. 36–39; № 7, С. 53–57.
124. Вербицкий С. Б., Шевченко В. В., Батраченко А. В. Измельчение мясного сырья // Мясной бизнес. 2010. № 5. С. 84-96.
125. Вербицкий С. Б., Батраченко О. В., Філімонова Н. В. Удосконалення математичної моделі подрібнення м'ясної сировини на роторному емульситаторі // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. праць / КНТУ. 2019. № 1. С. 35-38.
126. Винникова Л. Г. Технология мяса и мясопродуктов: учебник. Киев: ИНКОС, 2006. 600 с.

127. Виробництво промислової продукції за видами в Україні за січень-грудень 2012 р.: статистичний бюлетень / Державна служба статистики України. Київ, 2011 № 6. 52 с.
128. Вишнепольский Е. В., Пухальская Г. В., Гликсон И. Л. Повышение сопротивления усталости мест концентрации напряжений в цилиндрических оболочках алмазным выглаживанием // Вестник двигателестроения. 2009. № 1. С. 90-94.
129. Вовчок універсальний: пат. на корисну модель 88059 Україна: МПК В02 С 18/30 / Некоз О. І., Осипенко В. І., Батраченко О. В., Філімонова Н. В., Хом'як А. В.; власник Батраченко О. В.; № u201312240; заявл. 21.10.2013; опубл. 25.02.2014, Бюл. № 4.
130. Вовчок: пат. 50253 Україна: МПК В02С 18/26 / Некоз О. І., Осипенко В. І., Батраченко О. В.; власник Черкаський державний технологічний університет; № u200913747; заявл. 28.12.2009; опубл. 25.05.2010, Бюл. № 10.
131. Вовчок: пат. на винахід №122178 Україна: МПК В02 С 18/16/ Батраченко О. В., Батраченко В. Г., Філімонов С. О., Філімонова Н. В.; власник Батраченко О. В. № a201811629; заявл. 26.11.20178; опубл. 25.09.2020, Бюл. №18.
132. Волова Л. Синтез традицій и інновацій // Мясные технологии. 2007. № 9. С. 42-43.
133. Вольф Т. Т. Математическое описание реологических характеристик продуктов при механизированных процессах измельчения мяса говядины // Ползуновский вестник, 2011. № 2. С. 214–218.
134. Ворошнин Л. Г. Повышение эксплуатационной стойкости рабочих органов мясоперерабатывающего оборудования// Мясная индустрия СССР. 1986. № 1. С. 29-32.
135. Гаммер Г., Стоянов С. Куттерованне двумя ножами — температура фарша и мощность куттера // Мясной Бизнес. 2009. № 1. С. 64-69.
136. Герасимов В. М., Калиш В. С., Карпунин М. Г., Кузьмин А. М.,

- Литвин С. С. Основные положения методики проведения функционально-стоимостного анализа: методические рекомендации /МП Информ-ФСА. Москва, 1991. 22 с.
137. Глушак Б. Л., Куропатенко В. Ф., Новиков С. А. Исследование прочности материалов при динамических нагрузках / Новосибирск: Наука, 1992. 295 с.
138. Головин Г. Ф., Замятин М. М. Высокочастотная термическая обработка // Ленинград: Машиностроение, 1990. 239 с.
139. Горбатов А. В. Влияние некоторых технологических факторов на реологические свойства колбасного фарша и готовых изделий // Мясная индустрия, 1976. № 1. С. 23-26.
140. Горбатов А. В., Квашнин Г. Г. Надежность оборудования и травматизм // Мясная индустрия СССР, 1978. № 11. С. 16-19.
141. Горбатов А. В. Гидравлика и гидравлические машины для пластично-вязких мясных и молочных продуктов // Москва: Агропромиздат, 1991. 174 с.
142. Горбатов А. В. Исследование напряженного состояния ступицы ножа волчка // Мясная индустрия СССР. 1981. № 1. С. 48–52.
143. Горбатов В. М., Рудь А. Н. Восстановление ножей волчков наплавкой рабочих поверхностей // Мясная индустрия СССР. 1977. № 12. С. 37-38.
144. Горбатов В. М., Гноевой П. С., Генералов Н. Ф. Сравнительные испытания работы машин для тонкого измельчения мясопродуктов и шприцевания фарша в оболочку/под ред. В.М. Горбатова, труды ВНИИМП. Технологические, физико-химические и биологические исследования мяса и мясопродуктов // Москва: ВНИИМП, 1968. Выпуск XXI. С. 162 – 177.
145. Горбатов В., Лимонов А., Горбатов А. Некоторые аспекты реологических свойств и качества мясных продуктов // Мясная индустрия СССР. 1975. № 9. С. 29–31.
146. Горев П. М., Утемов В. В. Практическое руководство по развитию креативного мышления. Методы и приемы ТРИЗ // Москва: URSS (Ленанд), 2014. 112 с.

147. Горяев В. В. Совершенствование конструкций и методик расчета режущего механизма волчков: дис. канд. техн. наук. Москва: МТИММ, 1989. 143 с.
148. ГОСТ 28533-90. Режущий инструмент волчков. Типы, основные размеры и технические требования. Москва: Изд-во стандартов, 1990. 5 с.
149. Гринченко И. Г. Упрочнение деталей из жаропрочных и титановых сплавов / Москва: Машиностроение, 1971. 119 с.
150. Гринь С. А., Филенко О. Н., Телюк А. А. Улучшение эксплуатационных характеристик куттеров путем создания новой конструкции ножей // Вісник НТУ "ХПІ". 2012. № 66 (972). С. 14-19.
151. Груданов В. Я., Бренч А. А., Акуленко С. В. Теоретические и экспериментальные исследования процесса куттерования мясного сырья и разработка новых конструкций куттерных ножей // Конференция посвященная 30-ти летию Могилевского государственного университета продовольствия: материалы междунар. научн. конф., 15-17 мая 2003 г.: / МГУП. Могилев, 2003. С. 173-177.
152. Груданов В. Я., Бренч А. А., Ткачева Л. Т., Филиппович М. О. Тонкое измельчение мясного сырья новым режущим механизмом в эмульсаторах // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі: серыя аграрных навук. 2010. № 3. С. 105-109.
153. Гузиков Е. Т. Новые возможности 600-й серии шприцов Handtmann // Мясные технологии. 2005. № 8. С. 18–20.
154. Даурский А. Н., Мачихин Ю. А. Резание пищевых материалов: Теория процесса, машины, интенсификация: учебник. Москва: Пищевая промышленность, 1980. 240 с.
155. Дідковський Р. М., Голячук С. Є., Некоз О. І., Батраченко О. В. Розробка критерію оцінки конструкцій різального вузла вовчків: зб. наук. праць // Наукові нотатки Луцького національного технічного університету. 2008. № 3-4, С. 67-74.

156. Долинкин Ф. Вакуумный эмульсатор: новая ступень совершенства // Мясной бизнес. 2004. № 7 (25). С. 22,23.
157. Дорофеев В. Ф. Автоматизация работы режущего механизма волчков // Мясная индустрия СССР. 1975. № 7. С. 21-23.
158. Дорофеев В. Ф., Горбатов В. А. Новая конструкция ножа для волчков // Мясная индустрия СССР. 1973. № 12. С. 16-17.
159. Дорохов В. П. Определение рациональных режимов измельчения фарша сырокопченых колбас // Мясная индустрия. 2004. № 11. С. 48–50.
160. Дорохов В. П., Косой В. Д., Азарова Н. Г. Оценка качества измельченного мясного сырья // Мясная индустрия. 2006. № 5. С. 41-43.
161. Дуб В. В. Вдосконалення процесу подрібнення харчової сировини та обладнання для його реалізації на підприємствах харчування: дис. канд. техн. наук: 05.18.12. Харків, 2002. 237 с.
162. Дуда А. Н. Марки сталей для куттерных ножей // Мясная индустрия. 2008. № 6. С. 23-24.
163. Желдубовский А. В. Оценка запаса прочности деталей машин, подверженных асимметричному нагружению // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2013. № 6/7. С. 8-12.
164. Желудков А. Л., Груданов В. Я. Новая конструкция ножей куттера // Техника и технология пищевых производств: материалы междунар. научн. конф., 15-17 апр. 2008г. / Могилевский государственный университет продовольствия. Могилев, 2008. С. 55-56.
165. Желудков А. Л., Бренч А. А. Разработка новых конструкций ножей и выбор оптимальных режимов куттерования мясного сырья // X Республиканская научная конференция студентов и аспирантов высших учебных заведений Республики Беларусь: материалы междунар. научн. конф., 22-24 апр. 2006 г. / Минск, 2006. С. 115-116.

166. Желудков А. Л., Акуленко С. В. Використання модельного матеріалу для дослідження процесу кутерування: наукові праці/НУХТ. Київ, 2012. № 43. С. 68-73.
167. Забродин Ю. М. Двухперьевой нож для измельчения мяса в волчках // Мясная индустрия СССР. 1980. № 10. С. 28.
168. Закалов О., Бортник А. Вплив форми і розмірів ножів кутера на їх довговічність та енергоспоживання // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля, 2007. № 1. С. 152-158.
169. Закалов О., Бортник А. До питання зменшення матеріаломісткості робочих органів кутера // Актуальні задачі сучасних технологій: матеріали міжнар. наук. конф., 12-14 квіт. 2010 г. / ТНТУ. Тернопіль, 2010. С. 121.
170. Зацерковный В. М., Мишина М. Ф., Горбатов А. В., Косой В. Д. Изменение структурно-механических свойств фарша при механической обработке // Мясная индустрия СССР. 1982. № 2. С. 27-29.
171. Заяц Ю. А. Совершенствование технологических процессов в перерабатывающей промышленности / Київ: Урожай, 1991. 192 с.
172. Иванов В. И. Новые режущие устройства куттеров: обзорн. информ. / Москва: АгроНИИТЭИММП, 1986. 24 с.
173. Иванов Ю. Ф. Усталостная прочность закаленной стали 20X13, подвергнутой электронно-пучковому модифицированию // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2013. № 1. С. 94-98.
174. Иванова В. С. Усталостное разрушение металлов / Москва: Металлургиздат 1963. 272 с.
175. Иванова В. С. Особенности развития дислокационной структуры при статическом и циклическом нагружениях малоуглеродистой стали // Физика металлов и металловедение. 1972. т. 33. вып. 3. С. 627-633.
176. Иванова В. С., Терентьев В. Ф. Физическая природа и закономерности разрушения металлов // Металловедение. 1971. С. 100-107.



- 177.Иванова В. С., Терентьев В. Ф. Природа усталости металлов: учебник / Москва: Металлургия, 1975, 456 с.
- 178.Иванова А. М., Терещенкова Л. Н. Совершенствование методики дисперсного анализа мясных пюреобразных консервов для детского питания//Труды ВНИИМП. Исследование качества сырья продукции мясной промышленности: под ред. А.Ф. Савченко /ВНИИМП. Москва, 1979. Выпуск XLV.С. 60–65.
- 179.Ивашов В. И., Мартынов Г.А., Бубыренко В. К. Повышение износостойкости сеток машин для тонкого измельчения мяса // Мясная индустрия СССР. 1975. № 10. С. 25-26.
- 180.Ивашов В. И., Мартынов Г. А., Бубыренко В. К. Сетки для измельчителей мяса повышенной износостойкости // Мясная индустрия СССР. 1976.№ 8. С. 32-33.
- 181.Ивашов В. И. Оборудование для переработки мяса: учебник. Санкт-Петербург: ГИОРД, 2007.464 с.
- 182.Ивашов В. И. Новое в конструировании волчков: обзор информ. Москва: АгроНИИТЭИММП, 1988.38 с.
- 183.Ивашов В. И. Современная практика переработки замороженного мясного сырья // Всё о мясе. 2014. № 2. С. 24-29.
- 184.Измер А. Н., Ветров В. С.Перспективное направление развития отечественного оборудования для первичного измельчения мяса// Техника и технология пищевых производств: материалы междунар. научн. конф., 15-17 апр. 2008г. / МГУП. Могилев, 2008 . С. 65.
- 185.Илюхин В. В. Процессы изнашивания системы «нож – решетка» в волчках.// Мясные технологии. 2011. № 2. С. 36 – 38.
- 186.Ищенко С. А.Экономическая эффективность от внедрения эпиламирания куттерных ножей // Мясная индустрия. 2014. № 4. С. 44-46.
- 187.Іванілов О. С. Економіка підприємства: підручник. Київ: Центр учбової літ-ри, 2009. 728 с.

188. Казаков Н., Быстров С., Чижикова Т. Электроискровой метод прошивки отверстий волчков // Мясная индустрия СССР. 1975. № 11. С. 23-24.
189. Каповский Б. Р. Разработка процесса измельчения блочного замороженного мяса методом фрезерования: дис. канд. техн. наук: 05.18.12. Москва, 2015. 239 с.
190. Качанов Н., Миркин Л. Рентгеноструктурный анализ поликристаллов: монография. Москва: Машгиз, 1960. 216 с.
191. Клименко М. Н. Развитие теории процесса резания мяса и совершенствование машин для измельчения сырья в производстве колбасных изделий: автореф. дисс. докт. техн. наук. Москва, 1990. 43 с.
192. Кныш В. В., Соловей С. А. Повышение долговечности сварных соединений с усталостными повреждениями: монография. Київ: КПИ им. Игоря Сикорского, 2017. 320 с.
193. Ковальчук В., Коряниш Л., Полянська О. Затрати праці на приготування м'ясного фаршу // Харчова і переробна промисловість, 2005. № 8-9. С. 14-15.
194. Коканьда С. Усталостное растрескивание металлов: монография. Москва: Металлургия, 1990. 623 с.
195. Колісниченко О. В. Формування модифікованих шарів при плазмово-детонаційній обробці вуглецевих сталей: дис. ... канд. техн. наук: Київ, 2003. 154 с.
196. Комиссаров С. С. Исследование работы мясорезущих волчков и разработка ножевых головок: дисс. ... канд. техн. наук: Воронеж, 2005. 162 с.
197. Косіюк М. М., Черменський Г. П. Основи науково-технічної творчості: підручник. Хмельницький, 1997. 392 с.
198. Косой В. Д., Крементуло В. В., Андрианов А. С., Катюшин В. С. Определение рациональных режимов работы и параметрической надежности волчков // Мясная индустрия СССР. 1982. № 3. С. 24-28.

199. Косой В. Д., Малишев А. Д., Юдина С. Б. Инженерная реология в производстве колбас / Москва: КолосС, 2005. С. 37-39.
200. Косой В. Д. Механические модели мясного и мясокостного сырья // Мясная индустрия. 2011. № 6. С. 64-67.
201. Коцюбинский О. М. Оценка технологических возможностей закалки с использованием газового лазера непрерывного действия // Металловед. и терм. обр. металлов. 1980. № 1. С. 24-26.
202. Кравчук В. С., Абу Аяш Юсеф, Кравчук А. В. Сопротивление деформированию и разрушению поверхностно-упрочненных деталей машин и элементов конструкций: монография. Одесса: Астропринт, 2000. 160.
203. Крагельский И. В. Основы расчетов на трение и износ: учебник. Москва: Машиностроение, 1977. 540 с.
204. Крамер И., Демер Л. Влияние среды на механические свойства металлов: монография. Москва: Металлургия, 1964. 87 с.
205. Кривцов В. С., Павленко В. Н., Волков И. В. Факторы, влияющие на зарождение усталостных трещин в лопатках авиационных двигателей // Научный вестник ДГМА 2011. № 11. С. 65-72.
206. Кудрявц И. В. Поверхностный наклеп для повышения прочности и долговечности деталей машин. Москва: Машиностроение, 1969. 100 с.
207. Кузьмин В. В. Совершенствование процесса резания мясного сырья на основе математического моделирования формы режущих инструментов: автореф. дисс. канд. техн. наук: Санкт-Петербург. 2008. 20 с.
208. Лаптев Д. Д. Упрочнение деталей обкаткой шариками. Москва: Машиностроение, 1968. 132 с.
209. Лахтин Ю. М., Лернтьева В. П. Материаловедение: учебник. Москва: Машиностроение, 1990. 528 с.
210. Лисицын А. Б. Измельчение замороженного блочного мяса методом фрезерования // Всё о мясе. 2013. № 4. С. 42-46.

- 211.Лисицын А. Б. Новый метод измельчения сырья в производстве вареных колбас// Всё о мясе. 2016. № 2. С. 9-13.
- 212.Лимонов Г. Е., Боровикова О. П., Генералов Н. Ф., Башилов И. С. Влияние вакуумирования и скорости резания на энергетические затраты при куттеровании // Мясная индустрия СССР. 1978. № 4. С. 15–17.
- 213.Лимонов Г. Е., Боровикова О. П., Башилов И. С. Исследование влияния скорости резания на процесс измельчения при испытании фаршеприготовительного агрегата// Совершенствование техники и технологии производства колбасных изделий и полуфабрикатов. ВНИИМП. 1977. Выпуск XL. С. 50–53.
- 214.Лимонов Г. Е., Генералов Н. Ф., Суханова С. И., Соколов В. М. Исследование качества механической обработки мясных фаршей на измельчителе KSFD-9/ Совершенствование техники и технологии производства мяса и мясных продуктов. ВНИИМП. 1975. Выпуск XXXI. С. 40 – 49.
- 215.Лудченко А. А. Основы научных исследований: учебник. Київ: Знання. 2000.114 с.
- 216.Львов Г. И., Левашов В. А., Костромицкая О. А. Усталостная прочность рабочих колес центробежных компрессоров: сб. науч. тр. Харьков: НТУ, 2013.С. 84-92.
- 217.Максимов Д. А., Якушев О. И. Конструктивные особенности современных волчков // Мясная индустрия. 2007. № 5. С. 40-42.
- 218.Максимов Д. А., Якушев О. И. Конструкции режущих и подающих механизмов современных волчков// Мясные технологии. 2008. № 10. С. 14 - 17.
- 219.Максимов Д. А. Разработка адаптированного гибкого подающего рабочего органа в волчках: автореф. канд. техн. наук: Москва,2008.21 с.
- 220.Максимов Д. А., Якушев О. И.Конструкции современных куттеров // Мясные технологии. 2010.№ 9. С. 20 - 24.

- 221.Максимов Д. А., Каповский Б. Р. Перспективы развития резательных машин для тонкого измельчения мясного сырья // Мясная индустрия. 2012. № 6. С. 28-30.
- 222.Маркус Л. И., Шаталов А. Н. Дисперсионно-твердеющие стали для создания равноизнашивающихся инструментов измельчающих машин // Мясная индустрия. 2008. № 9. С. 28-29.
- 223.Маркус Л. И., Шаталов А. Н., Ананьев Р. А., Смирнов А. Б. Компьютерное моделирование причин аварийной поломки ножей высокоскоростных куттеров // Мясная индустрия. 2010. № 8. С. 19 – 21.
- 224.Маркус Л. И., Шаталов А. Н., Бурки В. С. Металлографические исследования причин аварийной поломки ножей высокоскоростных куттеров // Мясная индустрия. 2010. № 9. С. 42 – 45.
- 225.Мартынов Г. А. Повышение надежности и долговечности технологического оборудования мясной промышленности. Москва: АгроНИИТЭИММП, 1981. 18 с.
- 226.Марцин В. С. Основи наукових досліджень: підручник. Львів: Ромус-Поліграф, 2002. 128 с.
- 227.Махутов Н. А. Деформационные критерии разрушения и расчет элементов конструкций на прочность: монография. Москва: Машиностроение, 1981. 282 с.
- 228.Мачихин Ю. А., Мачихин С. А. Инженерная реология пищевых материалов: учебник. Москва: Легкая и пищ. пром-сть. 1981. 216 с.
- 229.Милохова Т. А. Факторы, влияющие на структуру колбасного фарша // Техника и технология пищевых производств: материалы междунар. научн. конф., 3-5 окт. 2009 г. / МГУ. Могилев, 2009. С. 65.
- 230.Миркин Л. И. Рентгеноструктурный контроль машиностроительных материалов: Справочник. Москва: Машиностроение, 1979. 134 с.
- 231.Мирошніченко К. А., Батраченко О. В. Адгезійні властивості основних видів м'ясних фаршів, що найчастіше переробляються в емульсаторі //

- Вісник Черкаського державного технологічного університета. 2017. № 2. С. 99-104.
- 232.Мирошніченко К. А., Батраченко О. В.Витратні характеристики бункерів емульситаторів // Вісник Хмельницького національного університету. 2016. № 5. С. 14-18.
- 233.Мирошніченко К. А., Батраченко О. В. Реологічні властивості основних видів м'ясного фаршу, що переробляються в емульситаторі // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: збірник наукових праць. Харків: ХДУХТ,2017. № 2. С. 206-218.
- 234.Михайлов А. Н. Основы синтеза функционально-ориентированных технологий машиностроения: монография. Донецк: Изд-во ДонНТУ, 2009. 346 с.
- 235.Муранов Б. Д. Компания “Боск Плюс” ведущий производитель режущего инструмента // Мясная индустрия. 2002.№ 8. С. 43, 44.
- 236.Мурашов И. Д., Петраков С. А.Использование льда в качестве абразива при гидрорезании мясного сырья // Мясная индустрия. 2011. № 12. С. 15-18.
- 237.Муханов И. И. Ультразвуковое упрочнение стали и чугуна // Машиностроитель. 1966. № 9. С. 21-22.
- 238.Мяченков В. И.Расчеты машиностроительных конструкций методом конечных элементов: справочник. Москва: Машиностроение, 1989.520 с.
- 239.Некоз А. И., Колісніченко Т. А., Батраченко О. В. Импульсно-плазменное упрочнение ножей мясорезущих машин // Сучасні проблеми розвитку легкої і харчової промисловості: матеріали міжн. наук. конф.,10-12 травня 2010 р. / Луганськ – Дубровник - Подгориця (Чорногорія). 2010. С. 80.
240. Некоз О. І., Батраченко О. В. Використання кінетичної енергії сировини для інтенсифікації процесу кутерування // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті: тези доп. міжнар. наук. конф., 23-24 квіт. 2018 р. / НУХТ. Київ, 2018. С. 25.

241. Некоз О. І., Батраченко О. В. Підвищення подрібнювальної здатності кутера при приготуванні фаршів безструктурних ковбасних виробів // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті: тези доп. міжнар. наук. конф., 23-24 квіт. 2018 р. / НУХТ. Київ, 2018. С. 26.
242. Некоз О. І., Батраченко О. В., Копчевський П. М. Поверхнєве зміцнення, як спосіб підвищення втомної міцності ножів кутера // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність: тези доп. міжнар. наук.-практ. конф., 19 листоп. 2018 р. / ХДУХТ. Харків, 2018. С. 340–342.
243. Некоз О. І., Батраченко О. В. Підвищення втомної міцності ножів кутера // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті: тези доп. міжнар. наук. конф., 10-11 квіт. 2019 р. / НУХТ. Київ, 2019. С. 341.
244. Некоз О. І., Батраченко О. В. Науково-винахідницький біном, як основа методологічної концепції розвитку обладнання харчової промисловості // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті: тези доп. міжнар. наук. конф., 10-11 квіт. 2019 р. / НУХТ. Київ, 2019. С. 339.
245. Некоз О. І., Батраченко О. В. Підвищення втомної міцності ножів кутера шляхом їх поверхневого зміцнення // Перспективи розвитку машинобудування та транспорту: тези доп. міжнар. наук. конф., 13-15 трав. 2019 р. / ВНТУ. Вінниця, 2019. С. 152–153.
246. Некоз О. І., Батраченко О. В. Науково-прикладні основи розвитку машин для подрібнення м'ясної сировини // Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності: тези доп. міжнар. наук.-практ. конф., 4-6 верес. 2019 р. / ТДАТУ ім. Д. Моторного. Мелітополь – Кирилівка, 2019. С. 57–59.

- 247.Некоз О. І., Вербицький С. Б., Іванов П. В., Батраченко О. В. Методика розрахунку продуктивності м'ясорізальних вовчків // Вісник ДонНУЕТ. 2011. № 1. С. 26-32.
- 248.Некоз О. І., Колісниченко Т. О., Батраченко О. В. Перехід до кільцевої решітки – комплексне вирішення задач модернізації м'ясорізальних вовчків // Сучасні технології харчових виробництв: матеріали міжн. наук. конф., 20-25 квітня 2009 р. / Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара. Дніпропетровськ, 2009. С. 16.
- 249.Некоз О. І., Осипенко В. І., Батраченко О. В. Підвищення зносостійкості ножів кутера плазмово-детонаційним зміцненням // Наукові праці ОНАХТ. 2009. № 36. С. 287-293.
- 250.Некоз О. І., Батраченко О. В., Микитюк С. І. Підвищення міцності ножів кутера // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті: матеріали міжн. наук. конф., 02-03 квітня 2012 р. /НКХТ. Київ, 2012.С. 96-97.
- 251.Некоз О. І., Батраченко О. В. Підвищення різальної здатності кутерів // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті: матеріали міжн. наук. конф., 12-13 квітня 2010 р. /НУХТ. Київ, 2010. С. 133-134.
- 252.Некоз О. І., Шевченко В. В., Вербицький С. Б., Батраченко О. В. Розрахунок величини тиску опору технологічних отворів решіток вовчка // Вісник Черкаського державного технологічного університету. 2008. № 3. С. 156-161.
- 253.Некоз О. І., Вербицький С. Б., Іванов П. В., Батраченко О. В. Розрахунок продуктивності кутера // Вісник Черкаського державного технологічного університету. 2009. № 4. С. 24-30.
- 254.Некоз О. І., Осипенко В. І., Батраченко О. В. Розробка методів проектування кутерів з підвищеною ефективністю роботи // Обладнання та технології харчових виробництв: зб. наук. Праць / Донецький національний



- університет економіки та торгівлі ім. Михайла Тугана-Барановського. 2010. № 1. С. 28-37.
- 255.Некоз О. І., Осипенко В. І., Батраченко О. В. Удосконалення методики розрахунку потужності приводу ножового валу кутера // Вісник Харківського державного університету харчових технологій. 2010. № 2. С. 52-59.
- 256.Некоз О. І., Батраченко О. В. Вдосконалення різального інструменту м'ясорізальних машин // Актуальні проблеми харчової промисловості: матеріали всеукр. науково-техн. конф., 8-9 жовтня 2013 р. / ТНТУ. Тернопіль, 2013. С. 37-38.
- 257.Некоз О. І., Батраченко О. В. Зменшення собівартості ножів вовчка // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: матеріали міжн. наук. конф., 15-16 квітня 2013 р. / НУХТ. Київ, 2013. С. 161-164.
258. Некоз О. І., Батраченко О. В. Вдосконалення різального інструменту м'ясорізальних машин // Актуальні проблеми харчової промисловості: тези доп. всеукр. наук.-техн. конф., 8-9 жовт. 2013 р. / ТНТУ. Тернопіль, 2013. С. 37–38.
- 259.Некоз О. І., Батраченко О. В., Філімонова Н. В. Гідравлічний опір різального вузла вовчків// Вісник Хмельницького національного університету. 2015. № 3. С. 13–18.
- 260.Некоз О. І., Батраченко О. В., Філімонова Н. В. Дослідження інтенсивності зношування лез ножа вовчка // Вісник Черкаського державного технологічного університету. 2013. № 2. С. 128–132.
- 261.Некоз О. І., Батраченко О. В., Філімонова Н. В. Зменшення металоємності ножів м'ясорізальних вовчків // Вісник Черкаського державного технологічного університету. 2013. № 3. С. 154–161.
- 262.Некоз О. І., Батраченко О. В., Філімонов С. О., Микитюк С. І. Визначення значень робочих зусиль, що діють на ніж кутера // Обладнання та технології харчових виробництв: зб. наук. праць /Донецьк: ДНУЕТ, 2012. С. 22-27.

- 263.Некоз О. І., Литовченко І. М., Батраченко О. В., Філімонов С. О. Підвищення міцності перфорованих ножів кутера // Обладнання та технології харчових виробництв: зб. наук. праць. Донецьк: ДНУЕТ, 2011. С. 50 – 57.
- 264.Некоз С. О. Підвищення ефективності роботи і довговічності різального комплекту м'ясорізальних вовчків: дис... канд. техн. наук: Київ, 2001. 165 с.
- 265.Некоз С. О., Некоз О. І. Підвищення зносостійкості деталей різального комплекту м'ясорізальних вовчків з використанням ефекту вибіркового переносу // Проблеми трибології. 1998. № 1. С. 75-76.
- 266.Ніж кутера: пат. на винахід 118301 Україна, МПКВ 02С 18/06/ Батраченко О. В., Філімонова Н. В.; власник Батраченко О. В. №а201702444; заявл. 16.03.2017; опубл. 26.12.2018, Бюл. №24.
- 267.Некоз О. І., Батраченко О. В., Філімонова Н. В. Перспективні шляхи підвищення питомої продуктивності вовчків // Вісник Хмельницького національного університету. 2018. № 1. С. 98-102.
- 268.Некоз О. І., Батраченко О. В., Литовченко І. М. Дослідження міцності ножів кутера при дії на них комплексного навантаження // Вісник Черкаського державного технологічного університету. 2013. № 3. С. 94-100.
- 269.Некоз О. І., Батраченко О. В., Литовченко І. М. Дослідження умов контакту ножів кутера із сировиною з метою підвищення їх міцності // Вісник Черкаського державного технологічного університету. 2012. № 1. С. 108-114.
- 270.Некоз О. І., Батраченко О. В., Мирошніченко К. А. Обґрунтування шляхів зменшення нагріву фаршу при його подрібненні в емульсаторі // Вісник Черкаського державного технологічного університету. 2015. № 2. С. 91-98.
- 271.Некоз О. І., Батраченко О. В., Філімонова Н. В. Особливості гідродинаміки м'ясної сировини при її подачі шнеком вовчка // Вісник Хмельницького національного університету. 2017. № 6. С. 37-42.

- 272.Некоз О. І., Осипенко В. І., Батраченко О. В., Філімонова Н. В. Теорія і практика роботи конструктора машин і апаратів харчових виробництв: підручник. Черкаси: ЧДТУ, 2019. 680 с
- 273.Некоз О. І., Батраченко О. В., Осипенко В. І. Підвищення ефективності різальної дії ножів кутера // Вісник Черкаського державного технологічного університету. 2013. № 4. С. 120-126.
- 274.Некоз О. І., Батраченко О. В. Проектування м'ясорізальних вовчків:навч. посібник. Черкаси: ЧДТУ, 2014. 221 с.
- 275.Нестерова Е. Н. Разработка регулировочной пластины для куттерных ножей // Известия ТулГУ. 2012. Вып. 2. С. 355-361.
- 276.Ніж вовчка: пат. на корисну модель 83391 Україна: МПК В02С 18/30 // Некоз О. І., Батраченко О. В., Філімонова Н. В.; власник Батраченко О. В. № u201302186; заявл. 21.02.2013; опубл. 10.09.2013, Бюл. № 17.
- 277.Ніж кутера: пат. на корисну модель 71901 Україна: МПК В 02 С 18/20 / Некоз О. І., Батраченко О. В., Литовченко І. М.; власник Батраченко О. В. № u201201630; заявл. 14.02.2012; опубл. 25.07.2012, Бюл. № 14.
- 278.Ніж кутера: пат. на корисну модель 88060 Україна: МПК В02 С 18/20 / Некоз О. І., Батраченко О. В., Осипенко В. І.; власник Батраченко О. В. № u201312243; заявл. 21.10.2013; опубл. 25.02.2014, Бюл. № 4.
- 279.Ніж кутера: пат. на корисну модель 88061 Україна: МПК В02 С 18/20 / Некоз О. І., Батраченко О. В., Осипенко В. І.; власник Батраченко О.В. № u201312243; заявл. 21.10.2013; опубл. 25.02.2014, Бюл. №4.
- 280.Ніж кутера: пат. на винахід 116156 Україна: МПКВ 02С 18/20 / Батраченко О. В.; власник Батраченко О. В. №a201602693; заявл. 18.03.2016; опубл. 12.02.2018, Бюл. № 3.
- 281.Ніж складаний до вовчка: пат. на корисну модель 39792 Україна: МПК В 02С18/00 / Некоз О. І., Батраченко О. В., Філімонова Н. В., Тесак П. П.; власник Батраченко О. В.; № u200812441; заявл. 23.10.2008; опубл. 10.03.2009, Бюл. № 5.

282. Новая философская энциклопедия. 2-е изд., испр. и допол. Москва, 2010. Т. 1—4. 2816 с.
283. Ножова головка кутера: пат. на винахід 116037 Україна: МПК В 02 С 18/06 / Батраченко О. В.; власник Батраченко О. В. №а201602700; заявл. 18.03.2016; опубл. 25.01.2018, Бюл. № 2.
284. Ножова головка кутера: пат. на винахід 119785 Україна, МПК В02С 18/16 / Філімонова Н. В., Філімонов С. О., Батраченко О. В.; власник Батраченко О. В. № а201702435; заявл. 16.03.2017; опубл. 12.08.2019, Бюл. № 15/2019.
285. Ножова головка кутера: пат. на корисну модель 126397 Україна, МПКВ02С 18/18 / Батраченко О. В.; власник Батраченко О. В. № а201602704; заявл. 18.03.2016; опубл. 25.06.2018, Бюл. № 12/2018.
286. Орлов П. И. Основы конструирования: справочно-методическое пособие. Москва: Машиностроение, 1988. 560 с.
287. Осипенко В. І, Філімонова Н. В., Батраченко О. В. Теоретичне визначення коефіцієнта продуктивності вовчка // Вісник Хмельницького національного університету. 2015. № 5. С. 101-106.
288. Осипенко В. І., Філімонова Н. В., Батраченко О. В. Чисельне моделювання подачі м'ясної сировини шнеком вовчка // Вісник Хмельницького національного університету. 2017. № 3. С. 73-77.
289. Онверський А. Є. Основы методології та організації наукових досліджень: навч. посіб. Київ: ЦУЛ, 2010. 352 с.
290. Островский Э. В., Эйдельман Е. В. Краткий справочник конструктора продовольственных машин. Москва: Агропромиздат, 1986. 621 с.
291. Пахарев А. В. Повышение показателей надежности ножей куттеров путем совершенствования технологии изготовления и восстановления: дисс... канд. техн. наук: Саратов, 2002. 170 с.
292. Пекельный Н. И., Дибир А. Г. Расчет на прочность при действии повторно-переменных нагрузок. Нац. аэрокосм. ун-т ХАИ, 2004. 74 с.

- 293.Пелеев А. В. К теории машинной обработки мяса. Исследование процесса трения скольжения мяса по стали // Мясная индустрия СССР. 1966. № 2. С. 45-47.
- 294.Пелеев А. И., Пелеева С. А. Определение давления истечения мяса через решетки от диаметра решетки, скорости истечения и степени деформации // Мясная индустрия СССР. 1973.№ 6.С. 31-32.
- 295.Пелеев А. И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности / Москва. Пищевая промышленность, 1971. 537 с.
- 296.Пелеев А. И. Центробежные измельчители // Мясная индустрия СССР. 1965. № 4. С. 17–20.
- 297.Пелеев А., Бакунц Г., Вартанян Г.К теории обработки мяса в куттере. Динамика структурообразования фарша // Мясная индустрия СССР. 1971. № 10. С. 26–29.
- 298.Петрович Й. М., Будищева І. О., Устінова І. С. Економіка виробничого підприємства: підручник. Львів: Оскарт, 1996. 416 с.
- 299.Покропивний С. Ф.Економіка підприємства: підручник.Київ: КНЕУ,2000. 328 с.
- 300.Погребняк А. В. Науково-теоретичні основи процесу різання харчових продуктів водополімерним стурменем та розробка обладнання для його реалізації: дис. докт. техн. наук: 05.18.12. Харків, 2018. 361 с.
- 301.Прейс Г. А., Сологуб Н. А., Некоз А. И. Повышение износостойкости оборудования пищевой промышленности: учебник.Москва: Машиностроение, 1979. 239 с.
302. Пристрій для підвищення подрібнювальної здатності кутера: пат. на винахід 120070 Україна, МПК В02С 18/18 /Батраченко О. В.; власник Батраченко О. В. № а201709864; заявл. 16.03.2017; опубл. 25.09.2019, Бюл. № 18/2019.
- 303.Промисловий каталог фірми «КНЕЧТ» // Німеччина, 2020. URL:[www.knecht-gmbh.de](http://www.knecht-gmbh.de)
- 304.Промисловий каталог фірми Maschinenfabrik Seydelmann KG// Німеччина,

2020. URL: <http://www.seydelmann.com>
- 305.Промисловий каталог фірми GEA Convenience-Food Technologies // Нідерланди, 2020. URL:[www.cfsrussia.com](http://www.cfsrussia.com)
- 306.Промисловий каталог фірми Handtmann Maschinenfabric // Німеччина, 2020. URL: <http://www.handtmann.de>
- 307.Промисловий каталог фірми Inotec GmbH Maschinen twicklungund Vertrieb // Німеччина, 2020. URL:[www.inotecgmbh.de](http://www.inotecgmbh.de)
- 308.Промисловий каталог фірми Karl Schnell GmbH& CO. KG // Німеччина, 2017. URL: [www.karlschnell.de](http://www.karlschnell.de)
- 309.Промисловий каталог фірми KILIA Fleischerei- und Spezial Maschinen Fabrik GmbH // Німеччина, 2020. URL: [www.kilia.com](http://www.kilia.com)
- 310.Промисловий каталог фірми Lumbeck & Wolter GmbH & CO.KG// Німеччина, 2020. URL:[www.lumbeck-wolter.de](http://www.lumbeck-wolter.de)
- 311.Промисловий каталог фірми Maschinenfabrik Laska GmbH// Австрія, 2020. URL: [www.laska.at](http://www.laska.at)
- 312.Промисловий каталог фірми Stephan Machinery GmbH & Co.// Німеччина, 2020. URL:[www.stephan-machinery.com](http://www.stephan-machinery.com)
- 313.Вейнберг Ф. Растровая электронная микроскопия: приборы и методы физического металловедения. Москва: Мир, 1974. С. 65 – 130.
- 314.ГОСТ 28533-90. Режущий инструмент волчков. Типы, основные размеры и технические требования. Москва, 1990. 6 с.
- 315.Резник Н. Е. Теория резания лезвием и основы режущих аппаратов: учебник. Москва: Машиностроение, 1975. 311 с.
- 316.Різальний механізм пристрою для подрібнення харчової сировини: пат. на винахід 114119 Україна: МПК В 02 С 18/36 / Некоз О. І., Батраченко О. В., Іванов П. В.; власник Батраченко О. В. № а201504547; заявл. 12.05.2015; опубл. 25.04.2017, Бюл. №8.
317. Решітка пристрою для подрібнення харчової сировини: пат. на корисну модель 132446 Україна, МПКВ02С 18/00 / Хандюк М. В.,

- Філімонова Н. В., Філімонов С. О., Батраченко О. В.; власник Батраченко О. В. № u201809782; заявл. 01.10.2018; опубл. 25.02.2019, Бюл. № 4/2019.
- 318.Рогов И. А., Горбатов А. В., Свинцов В. Л. Дисперсные системы мясных и молочных продуктов. Москва: Агропромиздат, 1990. 320 с.
- 319.Розе Г., Халваши Х. А., Холодова А. П. Универсальные микрокуттеры “Stephan” // Мясная индустрия. 2005. № 10. С. 58–60.
- 320.Романчиков В. І. Основи наукових досліджень. Київ: Центр учбової літ-ри, 2007. 254 с.
- 321.Романюк А. Эмульсификаторы INOTEC – безупречное качество // Мясной Бизнес. 2012. № 2(108). с. 40.
- 322.Роменский Н. П. Повышение долговечности оборудования пищевых производств. Київ: Урожай, 1989. 160 с.
- 323.Рябков В. Ф., Шмырев В. Ф. Влияние вибрационных нагрузок на усталостную долговечность сварных воздуховодов // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. 2014. № 65. С. 82-92.
- 324.Рябченков А. В. Коррозионно-усталостная прочность стали. Москва: Машгиз., 1953. 179 с.
- 325.Сабитов Р. А. Основы научных исследований. Челябинск, 2002. 138 с.
- 326.Савельев Г. Литые сетки для волчков // Мясная индустрия СССР. 1966. № 2. С. 37-38.
- 327.Салаватулина Р. М. Рациональное использование сырья в колбасном производстве. Москва: Агропромиздат, 1985. 256 с.
- 328.Селиванов В. В. Механика разрушения деформируемого тела. Прикладная механика сплошных сред: учебник для вузов. Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1999. 420 с.
- 329.Сергеев А. А., Сороко О. Л. Повышение эффективности измельчения мяса // X Республиканская научная конференция студентов и аспирантов высших учебных заведений Республики Беларусь: материалы междунар. научн. конф., 23-25 апр. 2006 г. / БГУ. Минск, С. 108-112.

- 330.Сергеев С. М. Расчет на прочность деталей машин пищевых производств: учебник. Москва: Машиностроение, 1969. 200 с.
- 331.Сидоряк А. Н. Совершенствование процесса измельчения мяса: автореф. дис. канд. техн. наук: Москва, 2007. 22 с.
- 332.Соколов В. С. Использование эмульсификаторов "Karl Schnell" для производства эмульгированного фарша // Мясная индустрия. 2004. № 8. С. 61–64.
- 333.Соловьев О. В. Мясоперерабатывающее оборудование нового поколения: справочник. Москва: ДеЛи принт, 2010. 470 с.
- 334.Спосіб зміцнення ножа кутера: пат. на винахід 116036 Україна: МПК С 21 D7/08, В 02 С 18/20 / Батраченко О. В.; власник Батраченко О. В. №а201602692; заявл. 18.03.2016; опубл. 25.01.2018., Бюл. № 2.
- 335.Степанов В. С. Куттерные ножи: барьерные в комплекте с перфорированными // Мясные технологии. 2010. № 6. С. 16-18.
- 336.Стечишин М. С., Лукьянюк М. В. Підвищення зносостійкості ріжучого леза ножів кутера // Проблеми трибології. 2005. № 5. С. 121-123.
- 337.Структурно-механические характеристики пищевых продуктов / под ред. А. В. Горбатова. Москва: Легкая и пищевая промышленность, 1982. 296 с.
- 338.Стукач В. Н. Исследование коррозионно-усталостной прочности материалов прессовых валов бумагоделательных машин // Вестник ИжГТУ. 2012. № 3(55). С. 15-17.
- 339.Сухенко В. Ю. Науково технічні основи м'ясоподрібнювальних процесів переробних підприємств АПК.: дис. докт. техн. наук: 05.18.12. Київ, 2015. 325 с.
- 340.Сухенко В. Ю. Обґрунтування основ забезпечення зносостійкості м'ясорізальних інструментів // Проблеми тертя та зношування. 2012. № 57. С. 76-92.
- 341.Сухенко В. Ю., Сухенко Ю. Г., Муштрук М. М. Показники надійності обладнання харчових виробництв // Стандартизація. Сертифікація. Якість. 2016. № 4. С. 12-16.



- 342.Татуревич А. Н. Волчок К6-ФВП-160/2 с загрузочным устройством // Мясная индустрия СССР.1981. № 4. С. 31-33.
- 343.Титов Е И. Развитие теории тонкого измельчения мясного сырья как основы автоматизации процесса // Мясная индустрия. 2010. № 7. С. 34-37.
- 344.Гопаж Х. И. Модернизация куттера ЯЗ-ФКШ// Мясная индустрия.1997. № 8.С. 24-26.
- 345.Трескунов Б. А. Влияние остаточных напряжений, вызванных хромированием и цианированием, на предел выносливости стали ХІ7Н2 // Пробл.прочности. 1976. № 9. С. 117-118.
- 346.Трофимов В. Т. Влияние интенсивного ультразвука и лучей лазера на структуру и механические свойства некоторых сталей: автореф. дисс. канд. Наук: Горький, 1981.186 с.
- 347.Туровский М. Л., Новик Р. А. Упрочняющая обработка роликами азотированных стальных деталей // Вестник машиностроения. 1970. № 1. с. 39-42.
- 348.Тюрин Ю. Н., Жадкевич М. Л. Плазменные упрочняющие технологии: учебник. Киев: Наукова думка, 2008. 215 с.
- 349.Упрочнение деталей лучом лазера / под ред. В. С. Коваленко. Киев: Техника, 1981. 131 с.
350. Філімонов С. О., Філімонова Н. В., Батраченко О. В. Методологічна концепція розвитку обладнання харчової промисловості // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність: тези доп. міжнар. наук.-практ. конф., 19 листоп. 2018 р. / ХДУХТ, Харків, 2018. С. 369–371.
- 351.Філімонов С. О., Філімонова Н. В., Батраченко О. В. Науково-винахідницький біном – концептуальна основа прогресивних рішень з вдосконалення обладнання //Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність: тези доп. міжнар. наук.-практ. конф., 19 листоп. 2018 р. / ХДУХТ. Харків, 2018. С. 371–373.

352. Франко О. В., Шевченко В. В., Вербицкий С. Б. Результаты порівняльних досліджень тонкого подрібнення м'ясної сировини в одну та дві стадії // Вісник аграрної науки. 2007. № 4. С. 63-65.
353. Хаммер Г., Стоянов С. Участие второго ножа куттера в измельчении фарша // Мясные технологии. 2010. № 7. С. 42 - 46.
354. Хвыля С. И., Пчелкина В. А., Бурлакова С. С. Определение дисперсности продуктов детского питания гистологическим методом // Мясная индустрия. 2010. № 11. С. 33-36.
355. Цехмістрова Г. С. Основи наукових досліджень: підручник. Київ: Слово, 2003. 240 с.
356. Чаблин Б. В., Чаблина Г. Ф., Брачихин А. А. Технологическая мощность чаши куттера // Продовольствие. 2004. № 1. С. 98-101.
357. Черкасов А. Master'ское измельчение // Мясные технологии. 2007. № 10. С. 28-29.
358. Чижикова Т. В. Машины для измельчения мяса и мясных продуктов: учебник. Москва: Легкая промышленность, 1982. 240 с.
359. Чижикова Т. В., Мартынов Г. А. Перспективы повышения эксплуатационной надежности режущих инструментов в мясной промышленности. Москва: АгроНИИТЭИММП, 1987. 43 с.
360. Чижикова Т., Седунов В. Упрочнение быстроизнашивающихся решеток измельчителей мясного сырья // Мясная индустрия СССР. 1985. № 3. С. 23 - 26.
361. Чудов В. В., Батраченко О. В., Філімонова Н. В., Філімонов С. О. Моделювання взаємодії ножів куттера з м'ясною сировиною // Вісник Хмельницького національного університету: зб. наук. пр. / Хмельницький національний технічний університет. Хмельницький: ХНУ, 2018. № 6. С. 48–53.
362. Чюплис В. А. Повышение циклической прочности деталей машин упрочнением поверхностей : дис. канд. техн. наук: 01.02.06. Каунас, 1984. 200 с.

363. Шевченко В. В., Вербицкий С. Б., Назарчук Л. Л. Установка для тонкого подрібнення харчової сировини // Мясное дело. 2005. № 5. С. 64-68.
364. Шевченко В. В., Вербицкий С. Б., Назарчук Л. Л. Куттеры наиболее распространенные машины для тонкого измельчения мясного сырья // Мясной бизнес. 2005. № 6 (35). С. 62-65.
365. Шевченко В. В., Вербицкий С. Б. Применение дезинтеграторов, коллоидных мельниц и эмульсификаторов для тонкого измельчения мясного сырья // Мясной бизнес. 2005. № 8 (37), С. 46-48 ; № 9 (38), С. 46,47.
366. Шенк Х. Теория инженерного эксперимента: монография. Москва: Мир, 1972. 351 с.
367. Шенкель Г. Шнековые прессы для пластмасс. Ленинград: Госхимиздат, 1962. 466 с.
368. Шепеляковский К. З. Упрочнение деталей машин поверхностной закалкой при индукционном нагреве. Москва: Машиностроение, 1972. 288 с.
369. Шнейде Ю. Г. Эксплуатационные свойства деталей с регулярным микрорельефом. Москва: Машиностроение, 1982. 248 с.
370. Экономика предприятия: учебник / под ред. В. Я. Горфинкеля, Е. М. Купрякова, В. А. Швандара. Москва: ЮНИТИ, 1996. 234 с.
371. Якубчак О. Н. Функціонально-технологічні властивості м'ясної сировини // Мясной бизнес. 2006. № 4(44). С. 82, 83., № 6 (46). С. 100-102.
372. Янушкин Н. П., Лагоша И. А. Технология мяса и мясопродуктов. Москва: Пищевая промышленность, 1970. 662 с.
373. Яремчук Н. В. Трудяга с участка измельчения // Мясные технологии. 2010. № 10. С. 28-34.
374. Ясь Д. С., Подмоков Д. С., Дяденко Н. С. Испытание на трение и износ. Методы и оборудование. Киев: Техника, 1971. 140 с.

## ДОДАТКИ

Коефіцієнти рівняння регресії залежності гідравлічного опору рухові м'ясної сировини крізь нього від конструкції РВ виконання різального вузла вовчків

Коефіцієнти	Значення коефіцієнтів, які стосуються графічних залежностей, що представлені на рисунках		
		Рис. 3.60	
	1	2	3
<i>a</i>	0,3234	0,2743	0,4395
<i>b</i>	$3,42 \cdot 10^{-5}$	$25,65 \cdot 10^{-5}$	$3847 \cdot 10^{-5}$
<i>c</i>	0,000118	0,00022	0,00029
	Рис. 3.61		
	1	2	3
<i>a</i>	0,1852	0,2871	0,3592
<i>b</i>	$18,35 \cdot 10^{-5}$	$66,92 \cdot 10^{-5}$	$75,87 \cdot 10^{-5}$
<i>c</i>	$8,99 \cdot 10^{-5}$	$15,44 \cdot 10^{-5}$	$29 \cdot 10^{-5}$
	Рис. 3.62		
	1	2	
<i>a</i>	0,2822	0,4821	
<i>b</i>	$-10,17 \cdot 10^{-4}$	$-32,4 \cdot 10^{-4}$	
<i>c</i>	$16 \cdot 10^{-5}$	0,2895	
	Рис. 3.63		
	1	2	
<i>a</i>	3,09	1,98	
<i>b</i>	-9,45	-8,24	
<i>c</i>	11,28	10,25	

## Продовження табл.А.1

		Рис. 3.64			
		1	2	3	
<i>a</i>		39,2	45,24	63,58	
<i>b</i>		-0,118	-0,154	-0,128	
		Рис. 3.65			
		1	2	3	
<i>a</i>		48,57	54,9	69,37	
<i>b</i>		-0,115	-0,145	-0,193	
<i>c</i>		0,0017	0,0018	0,0034	
		Рис. 3.66			
		1	2	3	4
<i>a</i>		-0,25	-0,15	0,82	-0,34
<i>b</i>		3,77	2,66	-5,03	3,32
<i>c</i>		-5,92	-1,66	17,4	1,27
		Рис. 3.67			
		1	2	3	4
<i>a</i>		0,32	0,41	0,56	0,75
<i>b</i>		-0,002	$-24,39 \cdot 10^{-4}$	$-97,77 \cdot 10^{-4}$	$-23,39 \cdot 10^{-3}$
<i>c</i>		$24 \cdot 10^{-5}$	$42,64 \cdot 10^{-5}$	$83,14 \cdot 10^{-5}$	$16,3 \cdot 10^{-4}$

Таблиця А.2

Рівняння регресії отриманих графічних залежностей значення напружень та коефіцієнту запасу міцності решітки емульсатора та їх параметри

Номер рисунок	Рівняння регресії	Значення коефіцієн тів рівняння	Номер рисунок	Рівняння регресії	Значення коефіцієн тів рівняння
5.65, а	$y = ax^b$	$a =$ 458,784 $b = -0,431$	5.65, б	$y = ab^x x^c$	$a = 0,823$ $b = 0,99$ $c = 0,497$
5.66, а	$y = a + b \cdot \cos(cx + d)$	$a = 254,2$ $b = 19,408$ $c = 0,64$ $d = -1,632$	5.66, б	$y = \frac{a + bx}{1 + cx + dx^2}$	$a = 1,271$ $b = -0,17$ $c = -0,173$ $d = 0,005$
5.67, а	$y = a + bx + cx^2 + dx^3$	$a = -$ 1011,723 $b = 72,838$ $c = -1,336$ $d = 0,008$	5.67, б	$y = a + bx + cx^2 + dx^3$	$a = 9,036$ $b = -0,427$ $c = 0,009$ $d = -$ 0,0001
5.68, а	$y = a + bx + cx^2$	$a = 242,2$ $b = -1,21$ $c = 0,01$	5.68, б	$y = a + bx + cx^2$	$a = 1,647$ $b = 0,009$ $c = -0,0001$

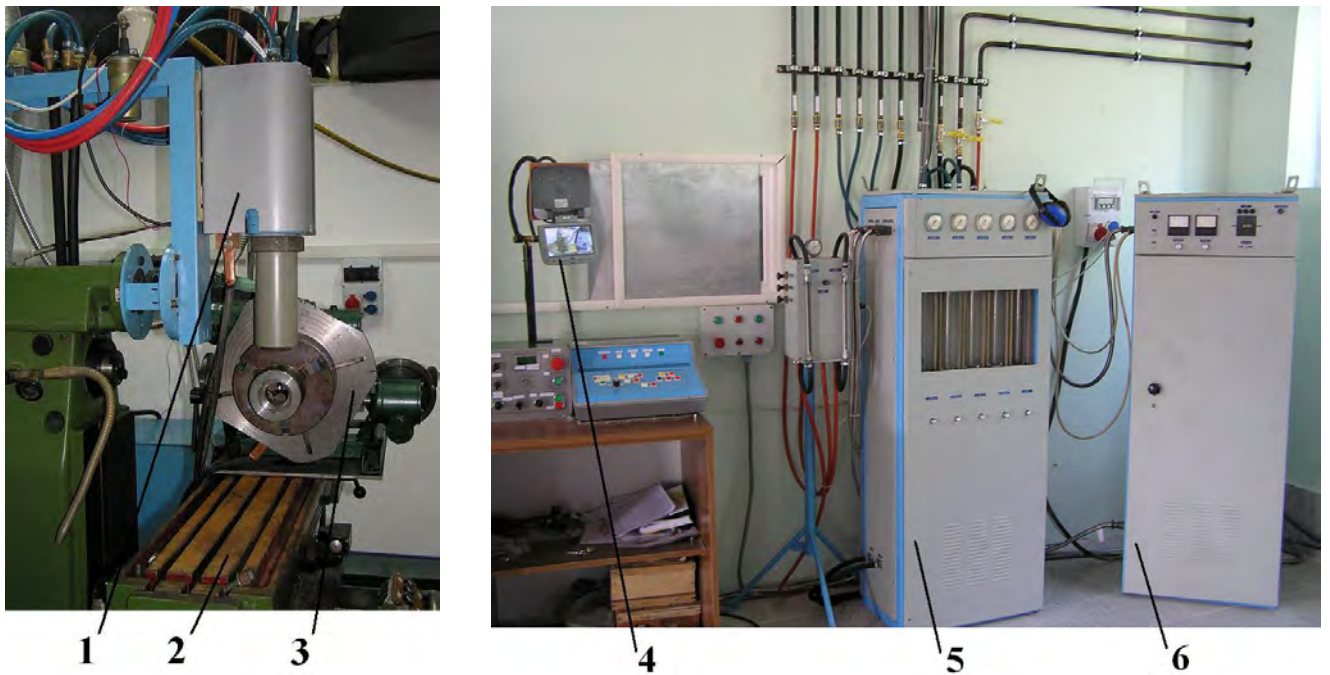


Рис. Б.1. Установка «ИМПУЛЬС 3/4» для імпульсно-плазмової обробки:

1 – детонаційна камера; 2 - стіл фрезерного верстату; 3 – поворотна планшайба із приводом; 4 – монітор дистанційного контролю процесу обробки; 5 – камера підготовки газової суміші; 6 – блок генерування електромагнітного розряду.





а)



б)



в)

Рис. Б.2. Установка для поверхневого зміцнення шляхом високочастотного механічного проковування: а) - загальний вигляд установки; б) - зміцнення дослідного зразка для дослідження втомної міцності; в) - зміцнення дослідного зразка для дослідження ударної в'язкості.



а)



б)

Рис. Б.3. Зовнішній вигляд дослідних зразків для випробування на втому:

а) - поверхнево зміцнений високочастотним механічним проковуванням;

б) - поверхнево зміцнений імпульсно-плазмовою обробкою.



а)



б)

Рис. Б.4. Зовнішній вигляд дослідних зразків для випробування на ударну вязкість: а) - поверхнево зміцнений високочастотним механічним проковуванням; б) - поверхневозміцнений імпульсно-плазмовою обробкою.

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Головний інженер

ТОВ «Черкаська продовольча компанія»

П. В. Іванов

«17»  2018 р.

**Акт промислових випробувань  
різального вузла емульсатора Karl Schnell FD 175  
вдосконаленої будови**

Комісія у складі представників:

від ТОВ «ЧПК»:

Корженко І. С. – провідний інженер ВГМ

від ЧДТУ:

Батраченко О. В. - доцент

склала даний акт про проведення робіт з випробування вдосконаленого різального вузла емульсатора зі зменшеною площею тертя ножів об решітку.

В період з листопада по грудень 2017 р. було проведено випробування 2-х решіток та 2-х ножів емульсатора моделі Karl Schnell FD 175, будова яких розроблена в Черкаському державному технологічному університеті.

До складу різального вузла входять перфоровані решітки, з якими контактує обертовий ніж з лезами. Кожна решітка має периферійне кільце жорсткості, центральне кільце жорсткості та робочі отвори. Поміж центральним та периферійним кільцями жорсткості наявне проміжне кільце жорсткості. Леза ножа мають паз, які розташовані над проміжним кільцем жорсткості таким чином, що проміжні ділянки ножа не труться об кільце. Матеріал решіток - сталь 40X13, твердість поверхні - HRC 52...53. Матеріал лез ножів - У8А, твердість поверхні - HRC 54...55.

Випробування здійснювали на емульсаторі моделі Karl Schnell FD 175, частота обертання ножів якого  $49,9 \text{ с}^{-1}$ ; зовнішній діаметр решітки 175 мм; діаметр отворів вихідної решітки, в парі з якою працювали ножі, 3 мм. Сировина, що оброблювалась - м'яса сировина для вареної ковбаси

«Говязька» 1-го ґатунку; на 100 кг готового продукту використовувалось 90 кг фаршу, що був подрібнений на вовчкy та на кутері; 10 кг льоду, спецій, нітритy натрію.

Напрацювання кожного ножа - 8 годни машинного часу. При випробуванні вимірювалась температура сировини в бункері емульсифікатора та на виході з різального комплексу. Аналогічним чином вимірювались параметри при використанні решіток та ножів стандартної будови.

Результати проведених випробувань наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Вид різального вузла	Температура фаршу, °С		Зменшення нагріву фаршу, °С
	на вході у різальний вузол	на виході зі різального вузла	
Стандартної будови	+6	+13	-
Вдосконаленої будови	+6	+9	4

#### Висновки.

Зміна будови різального вузла таким чином, що решітки не мають радіальних ребер жорсткості, які складають пари тертя з лезами ножів, дозволяє зменшити нагрів фаршу до 4 °С, що є достатнім для усунення можливості його перегрівання під час подрібнення.

Від ТОВ «ЧПК»:

Провідний інженер ВГМ



І. С. Корженко

Від ЧДТУ

Доцент



О. В. Батраченко

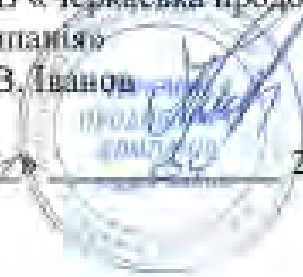
ЗАТВЕРДЖУЮ:

Головний інженер

ТОВ «Черкаська продовольча компанія»

П. В. Іванов

« 27 » 2018 р.



### Акт промислових випробувань кутерів, які мають вдосконалену конструкцію

Комісія у складі представників:

від ТОВ «ЧПК»:

Корженко І. Є. – провідний інженер ВГМ

від ЧДТУ:

Баграченко О. В. - доцент

склала даний акт про промислове випробування вдосконалених конструкцій кутерів моделей Laska KR-200-2V та Laska KR-330-2V.

В період із січня по березень 2018 р. було проведено опіювання ефективності роботи та довговічності різальних вузлів кутерів моделей Laska KR-200-2V та Laska KR-330-2V на ТОВ «Черкаська продовольча компанія».

Проведені випробування дозволили встановити наступне:

- використання в кутері пристрою з нерухомими ножами, які встановлені по напрямку подачі м'ясної сировини ножами ножової головки, призводить до підвищення продуктивності кутера в 1,4-1,7 рази;
- застосування додаткових різальних елементів, які подрібнюють сировину, що відкидається ножами попереднього ножового блоку, підвищує продуктивність кутера в 1,3-1,5 разів;
- розташування ножів ножової головки таким чином, що ножі кожного наступного ножового блоку своїми боковими сторонами гальмують м'ясну сировину, яка відкидається ножами попереднього ножового блоку, сприяє підвищенню продуктивності кутера в 1,2-1,4 рази;
- використання перфорованих ножів, отвори перфорації яких розташовані біля кінця корпусу ножа, призводить до підвищення продуктивності кутера на 10-15%;
- застосування ножів збірної конструкції, що мають перемінний кут подрібнення сировини, призводить до інтенсифікації подрібнення фаршів безструктурних ковбасних виробів в 1,3-1,6 разів;

- органолептичним аналізом, який проводився групою експертів, встановлено, що готові ковбасні вироби за такими показниками, як зернистість, м'якість та соковитість відповідають контрольним зразкам, що виготовлялись із використанням стандартного, не вдосконаленого, обладнання
- готові ковбасні вироби, виготовлені із використанням ножів нерівномірної товщини та підвищеної міцності, також мають органолептичні властивості, що відповідають контрольним зразкам готової продукції;
- використання зносостійких покриттів для зміцнення задньої поверхні лез ножів призводить до підвищення їх зносостійкості у 1,8-2,7 рази.

**Від ТОВ «ЧПК»:**

Провідний інженер ВГМ



І. Є. Корженко

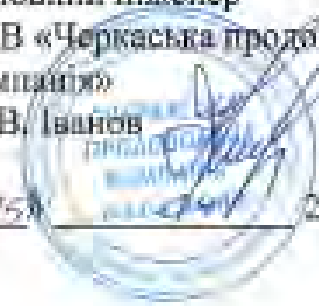
**Від ЧДТУ**

Доцент



О. В. Батраченко

ЗАТВЕРДЖУЮ:  
 Головний інженер  
 ТОВ «Черкаська продовольча  
 компанія»  
 П. В. Іванов  
 «25» \_\_\_\_\_ 2018 р.



### **Акт промислових випробувань м'ясорізальних вовчків, що мають вдосконалену конструкцію**

Комісія у складі представників:

**від ТОВ «ЧПК»:**

Корженко І. Є. – провідний інженер ВГМ

**від ЧДТУ:**

Батраченко О. В. - доцент

склала даний акт про промислове випробування вдосконалених конструкцій м'ясорізальних вовчків моделей МП-160, К6-ФВП-160 К6-ФВЗП-200, VVS-180, а також вакуумного шприца моделі «Handtmann VF 628» з вовчковою насадкою.

В період із лютого по квітень 2018 р. було проведено оцінювання ефективності роботи подавальних механізмів та різальних вузлів вовчків моделей МП-160, К6-ФВП-160 К6-ФВЗП-200, VVS-180 та шприца з вовчковою насадкою моделі «Handtmann VF 628» на ТОВ «Черкаська продовольча компанія».

#### **Висновки.**

Проведені випробування дозволили встановити наступне:

- при використанні двозаходного шнеку продуктивність вовчка підвищується у 1,43-1,82 рази в порівнянні із однозаходним з таким самим значенням кута підйому витків. Величина підвищення продуктивності залежить, зокрема, від діаметру отворів вихідної решітки різального вузла;
- використання ексцентриково-лопатевого насоса для подачі м'ясної сировини до різального вузла дозволяє підвищити продуктивність вовчка в 1,8-2,2 рази в порівнянні з використанням однозаходного шнеку. Підвищення продуктивності спостерігається для вихідних решіток як з крупними, так і з мілкими отворами;
- ножі, що мають леза, які розташовані нерівномірно в коловому напрямку, показали належну подрібнювальну здатність та довговічність в роботі, випадків руйнування лез не відмічено;



- використання перфорованих решіток збірної конструкції підтвердило їх працездатність та можливість зменшення експлуатаційних витрат на різальний інструмент;
- органолептичним аналізом, який проводився групою експертів, встановлено, що готові ковбасні вироби за такими показниками, як зернистість, м'якість та соковитість відповідають контрольним зразкам, що виготовлялись із використанням стандартного, не вдосконаленого, обладнання.

**Від ТОВ «ЧПК»:**

Провідний інженер ВГМ



I. С. Корженко

**Від ЧДТУ**

Доцент



О. В. Батраченко

## Оцінка ефективності використання вдосконалених конструкцій машин для подрібнення м'ясної сировини

### Г.1 Економічний ефект при використанні вдосконалених кутерів

Результати досліджень робочих процесів у кутерах при впровадженні у виробництво можуть давати [106] економічний ефект, як комплексний так і за окремими статтями, залежно від прийнятих до впровадження технічних рішень.

Загальний економічний ефект містить такі складові: підвищення питомої продуктивності кутера; покращення якості обробки сировини; підвищення довговічності та надійності кутера.

Загальний річний економічний ефект від використання конструкції кутера визначається за формулою, грн. [106, 185, 290]:

$$П = В - З, \quad (Г.1)$$

де В - корисна віддача машини, грн./рік;

З – витрати на придбання та утримання машини, грн./рік.

Корисна віддача кутеру визначається так:

$$В = 10^3 \cdot А \cdot \Delta Ц_г, \quad (Г.2)$$

де А – річний обсяг виготовленої продукції, т/рік;

$\Delta Ц_г$  - підвищення собівартості м'ясного напівфабрикату при подрібненні кускового м'яса у фарш, грн./кг.

Витрати на придбання та утримання кутеру визначаються наступним чином:

$$З = К + Е, \quad (Г.3)$$

де К - капітальні вкладення, грн.; Е - експлуатаційні витрати, грн./рік.

Капітальні вкладення складаються з таких витрат:

$$K = K_K + K_B + K_{np} + K_{мон} + K_{пл} + K_{інш} , \quad (\Gamma.4)$$

де  $K_K$  – витрати на конструювання обладнання, грн.;

$K_B$  – витрати на виготовлення обладнання, грн.;

$K_{np}$  – витрати на придбання оснащення, грн.;

$K_{мон}$  – витрати на монтаж обладнання, грн.;

$K_{пл}$  – витрати на виділення виробничих площ, грн.;

$K_{інш}$  – інші витрати, грн.

Експлуатаційні витрати визначаються, як, грн.:

$$E = E_{ЕН} + E_{ПЕРС} + E_{PIЗ} + E_{пл} + E_{PH} , \quad (\Gamma.5)$$

де  $E_{ЕН}$  – витрати на оплату електроенергії, яка споживається кутером, грн.;

$E_{ПЕРС}$  – витрати на оплату праці обслуговуючого персоналу, грн.;

$E_{PIЗ}$  – витрати на придбання різального інструменту, грн.;

$E_{пл}$  – витрати на виділення та опалення виробничих площ, грн.;

$E_{PH}$  – витрати, пов'язані з наслідками руйнування ножів під час кутерування, грн.

Річний обсяг виробництва  $A_2$  після впровадження вдосконаленої конструкції кутера визначається за виразом:

$$A_2 = A_1 + \Delta A \quad (\Gamma.6)$$

де  $\Delta A$  – річний приріст виробітку в натуральному вимірюванні;

$$\Delta A = (Q_2 - Q_1) \cdot C_{зм} \cdot F \cdot K_n \quad (\Gamma.7)$$

де  $Q_1, Q_2$  – продуктивність кутера до і після впровадження;

$C_{зм}$  – кількість змін роботи кутеру;  $C_{зм}=1$ ;

$F$  – кількість робочих днів на рік ( $F = 240$  роб.дн.);

$K_n$  – коефіцієнт інтенсивності використання потужності ( $K_n=0,85-0,95$ ).

Таким чином, річний економічний ефект від впровадження кутера вдосконаленої конструкції:

$$\Delta\Pi = \Pi_2 - \Pi_1, \quad (\text{Г.8})$$

де  $\Pi_1$  - економічний ефект від використання кутера базової конструкції;

$\Pi_2$  - економічний ефект від використання кутера вдосконаленої конструкції.

$$\Delta\Pi = (B_2 - Z_2) - (B_1 - Z_1) = B_2 - B_1 + K_1 - K_2 + E_1 - E_2,$$

Термін окупності впровадження вдосконаленої конструкції кутера:

$$T = \frac{K_2 + E_2}{B_2}. \quad (\text{Г.9})$$

Подальший розрахунок будемо проводити [106] з метою порівняння економічної ефективності використання вдосконаленої конструкції кутеру. Дані наводяться стосовно не вакуумного кутера моделі Л5-ФКБ з об'ємом чаші 250 л, який виготовляється черкаськими підприємствами ТОВ "Техпродсервіс" та ПП "Алнат".

Капітальні вкладення на виготовлення кутеру визначаються [106] за кошторисом (таблиця Г.1).

Таблиця Г.1

## Кошторис капітальних вкладень на виготовлення кутеру

Назва елементу конструкції	Витрати на конструю- вання обладнання $K_K$ , грн.	Витрати на виготовлен ня обладнання $K_B$ , грн.	Витрати на придбання техн. оснащення $K_{np}$ , грн.	Витрат и інші $K_{ини}$ , грн.	Всього
Стандартні елементи конструкції					
Кутер	150820	271475	30165	7540	460000
Ножовий вал	4819	8675	964	242	14700
Ножова головка	1050	1888	210	52	3200
Електродвигун головного приводу	17704	31870	3540	886	54000
Ножі, 6 шт.	983	1770	197	50	3000
Чаша	11410	20537	2283	570	34800
Корпус ножового валу	30164	54295	6033	1508	92000
Станина	44426	79968	8885	2221	135500
Вдосконалені елементи конструкції					
Рис. 5.32	2460	4426	492	122	7500
Рис. 5.36	1050	1888	210	52	3200
Рис. 5.19, 5.20	1070	1950	220	60	3300
Рис. 5.34, 6 шт.	1148	2065	230	57	3500
Рис. 5.30, 6 шт.	1378	2479	275	68	4200
Рис. 5.29, 3 шт.	1180	2124	236	60	3600
Рис 5.38, 6 шт.	1246	2242	250	62	3800
Рис. 5.31, 6 шт.	2628	4679	530	153	8000
Рис. 5.37	5967		426	107	6500

Експлуатаційні витрати визначаються за кошторисом (таблиця Г.2). Показники економічної ефективності кутерів базової та вдосконаленої конструкцій наведено в таблиці Г.3.

Таблиця Г.2

### Кошторис експлуатаційних витрат

Статті витрат	Значення	
	Базова конструкція кутеру	Вдосконалена конструкція кутеру
Витрати на оплату електроенергії, що споживається обладнанням $E_{ЕН}$ , грн.	10100	15400
Витрати на оплату праці обслуговуючого персоналу $E_{ПЕРС}$ , грн.	12700	12700
Витрати на придбання різального інструменту $E_{РІЗ}$ , грн.	18000	9700
Витрати на виділення та опалення виробничих площ $E_{ПЛ}$ , грн.	28200	28200
Витрати, пов'язані з наслідками руйнування ножів під час кутерування $E_{РН}$ , грн. (2 рази в рік)	33000	10000
Всього $E$ , грн.	102000	76000

Визначення економічної ефективності проведено для випадку роботи кутерів у складі технологічної лінії по виготовленню ковбас продуктивністю, наприклад, 20 т готових ковбасних виробів за зміну [106].

Результати розрахунку економічного ефекту від використання кутеру вдосконаленої конструкції наведено в таблиці Г.4.

Таблиця Г.3

**Показники економічної ефективності кутерів базової та вдосконаленої  
конструкцій**

Показники	Позначення	Величина показників	
		до впровадження	після впровадження
Продуктивність кутеру, кг/год	$Q$	2100	6027
Річний випуск продукції, т	$A$	1575	4520,25
Підвищення собівартості продукції після кутерування, грн./кг	$\Delta C$	0,2	0,25
Встановлена потужність, кВт	$N$	48,5	75
Виробничі площі, м <sup>2</sup>	$S$	4,6	4,6
Капітальні вкладення, грн.	$K$	460000	525400
Експлуатаційні витрати, грн.	$E$	102000	76000

Таблиця Г.4

**Показники економічної ефективності використання кутера  
вдосконаленої конструкції**

Показники	Позначення	Величина показників		Зміна показників	
		до впроваджен	після впроваджен	абсолютна	відносна, %
1	2	3	4	5	6
Продуктивність одного кутеру, кг/год	$Q$	2100	6027	+3927	+187
Запланований випуск продукції технологічною	$A_{zm}$	20	20	-	-

лінією за зміну, т					
Річний випуск продукції технологічною лінією, т	$A$	4800	4800	-	-
Кількість кутерів на ділянці, шт.	$n_{кут}$	3	1	-2	-66,7
Тривалість роботи кутерів за зміну, год	$\tau$	3,2	3,32	+0,12	+3,7
Підвищення собівартості продукції після кутерування, грн./кг	$\Delta Ц$	0,2	0,24	+0,04	+20
Встановлена потужність кутерів на ділянці, кВт	$N$	145,5	75	-70,5	-48,4
Виробничі площі, які використовуються для встановлення кутерів на ділянці, м <sup>2</sup>	$S$	13,8	4,6	-9,2	-66,7
Капітальні вкладення на придбання і встановлення кутерів на ділянці, грн.	$K$	138000 0	525400	-854600	-61,9
Експлуатаційні витрати для кутерів на ділянці, грн.	$E$	306000	76000	-230000	-75,2
Річний економічний ефект від використання кутеру вдосконаленої конструкції, грн.	$\Pi$	-	130430 0	-	-
Термін окупності капіталовкладень на вдосконалену конструкцію кутера, років	$T$	-	0,46	-	-



Як висновок, вдосконалена конструкція кутера забезпечує [106] підвищення продуктивності в 2,8 рази, зменшення капітальних вкладень на 62% та зменшення експлуатаційних витрат на 75%.

Економічний ефект від впровадження вдосконаленої конструкції кутера з об'ємом чаші 330 л складає 1304300 грн., термін окупності - 5,5 місяців.

## Г.2 Економічний ефект при використанні вдосконалених вовчків

Економічний ефект від впровадження нової чи модернізованої моделі технологічного обладнання оцінюють методом порівняння основних факторів з базовим зразком обладнання. Порівняльний аналіз здійснюється по тим показникам, які в змінюються при проектуванні машини.

Розробки даної роботи при впровадженні у виробництво можуть створювати такий економічний ефект, який обумовлений підвищенням питомої продуктивності вовчків та зменшенням витрат на купівлю деталей РВ.

Розрахунок техніко-економічних показників проводився за методикою, наведеною в п. Г.1 [106]. Задля порівняння можливих значень капітальних вкладень та економічного ефекту, що отримується, в таблиці Г.5 приведені дані про собівартість елементів конструкції вовчка.

Таблиця Г.5

### Собівартість елементів конструкції вовчка

Елемент	Собівартість базової конструкції, грн.			Собівартість вдосконаленої конструкції, грн.		
	при Ø130	при Ø160	при Ø200	при Ø130	при Ø160	при Ø200
Вовчок	100440	164010	232100	101530	165920	233500
Ніж	520	744	930	305	438	547
Решітка	430	540	888	430	540	888
Робочий шнек	6210	7730	9500	6720	8430	10330

Капітальні витрати на виготовлення вовчків з вихідною решіткою Ø130 мм можуть бути визначені за кошторисом (таблиця Г.6). Експлуатаційні витрати в на виготовлення вовчка з діаметром вихідної решітки 130 мм визначаються за кошторисом (таблиця Г.7). Результати визначення значення економічного ефекту від застосування вовчка з вихідною решіткою Ø130 мм зведені в таблицю Г.8.

Таблиця Г.6

**Кошторис капітальних витрат на виготовлення вовчка з вихідною решіткою  
Ø130 мм**

Статті витрат	Позначення	Значення		
		Стандартна конструкція	Дві стандартні конструкції	Нова конструкція
1	2	3	4	5
Витрати на конструювання машини, грн.	$K_k$	52229	104457	52795
Витрати на виготовлення машини, грн.	$K_v$	78343	156686	79193
Витрати на придбання оснастки, грн.	$K_{пр.}$	4004	8008	4264
Витрати на монтаж вовчка, грн.	$K_{мон.}$	2405	4810	2405
Витрати на виділення виробничої площі, грн.	$K_{пл}$	2080	4160	2080
Інші витрати ( $K_{інш}=1,01 \cdot [K_k \dots K_{пл}]$ ), грн.	$K_{ін}$	2249	4498	2249
Всього	$K$	141310	282620	142987

Таблиця Г.7

**Кошторис експлуатаційних витрат на виготовлення вовчка з вихідною  
решіткою Ø130 мм**

Статті витрат	Позначення	Значення	
		Стандартна конструкція вовчка	Нова конструкція вовчка
Витрати на електроенергію, яка споживається машиною, грн.	$E_{EH}$	3802	2116
Витрати на оплату праці оператора, грн.	$E_{ПЕРС}$	3900	1950
Витрати на придбання ножів і решіток, грн.	$E_{PIЗ}$	29796	18174
Всього	$E$	37498	22240

Таблиця Г.8

**Показники економічної ефективності використання вовчка розробленої  
конструкції з вихідною решіткою Ø130 мм**

Показники	Позначення	Величина показників	
		до впровадження	після впровадження
Річний випуск м'ясної продукції, тис. т.	$A$	1950	1950
Продуктивність м'ясорізального вовчка, кг/год	$Q$	5200	4680
Собівартість м'ясної продукції, грн./кг	$C$	54	54
Потужність електродвигуна, кВт	$N$	13 кВт/год	6,5кВт/год

Виробнича площа, м <sup>2</sup>	<i>S</i>	9,1	4,5
Капітальні витрати, грн.	<i>K</i>	282620	142987
Витрати на експлуатацію, грн.	<i>E</i>	37498	22240
Річний економічний ефект, грн.		-	154891
Термін окупності, років	<i>T<sub>ок</sub></i>	-	2,7

Розроблений вовчок з решіткою Ø130 мм обумовлює економічний ефект від впровадження розробленої конструкції вовчка  $\Delta\Pi = 154891$  грн./рік. Термін окупності  $T=2,7$  року.

Таблиця Г.9

**Кошторис капітальних вкладень на виготовлення вовчка з вихідною  
решіткою Ø160 мм**

Статті витрат	Позначення	Значення		
		Стандартна конструкція	Дві стандартні конструкції	Нова конструкція
Витрати на конструювання машини, грн.	<i>K<sub>к</sub></i>	85285	170570	86278
Витрати на виготовлення машини, грн.	<i>K<sub>в</sub></i>	127927	255855	129417
Витрати на придбання оснастки, грн.	<i>K<sub>пр.</sub></i>	4524	9048	4784
Витрати на монтаж машини, грн.	<i>K<sub>мон.</sub></i>	2405	4810	2405
Витрати на виділення	<i>K<sub>пл</sub></i>	2210	4420	2210

виробничої площі, грн.				
Інші витрати, грн.	$K_{in}$	2249	4498	2249
Всього	$K$	224601	449202	227344

Таблиця Г.10

**Кошторис експлуатаційних витрат виготовлення вовчка з вихідною  
решіткою Ø160 мм**

Статті витрат	Позначення	Значення	
		Стандартна конструкція	Нова конструкція
Витрати на електроенергію, яка споживається машиною, грн.	$E_{EH}$	11407	6350
Витрати на оплату праці оператора, грн.	$E_{ПЕРС}$	4940	2470
Витрати на придбання ножів і рішіток, грн.	$E_{РІЗ}$	39483	24710
Всього	$E$	55831	33530

Розроблений вовчок з решіткою діаметром 160 мм забезпечує (у порівнянні зі стандартною конструкцією вовчка) економічний ефект від впровадження розробленої конструкції у виробництво та використання  $\Delta\Pi = 244158$  грн/рік . Термін окупності  $T=2,25$  року.

Таблиця Г.11

**Показники економічної ефективності використання вовчка розробленої  
конструкції з вихідною решіткою Ø160 мм**

Показники	Позначення	Величина показників	
		до впровадження	після впровадження
Річний випуск продукції, тис. т	<i>A</i>	2925	2925
Продуктивність машини, кг/год	<i>Q</i>	7800	7020
Собівартість м'ясної продукції, грн./кг	<i>C</i>	56,2	51,7
Потужність електродвигуна, кВт	<i>N</i>	39кВт/год	19,5 кВт/год
Виробнича площа, м <sup>2</sup>	<i>S</i>	10,4	5,2
Капітальні витрати, грн.	<i>K</i>	449202	227344
Витрати на експлуатацію, грн.	<i>E</i>	55831	33530
Річний економічний ефект, грн.	<i>Э</i>	-	244158
Термін окупності, років	<i>T<sub>ок</sub></i>	-	2,25

Таблиця Г.12

**Кошторис капітальних вкладень на виготовлення вовчка з вихідною  
решіткою Ø160 мм**

Статті витрат	Позна чення	Значення		
		Стандартна конструкція	Дві стандартні конструкції	Нова конструкція
Витрати на конструювання машини, грн.	<i>K<sub>к</sub></i>	120692	241384	121420

Витрати на виготовлення машини , грн.	$K_{\epsilon}$	181038	362076	182130
Витрати на придбання оснастки, грн.	$K_{np.}$	5044	10088	5174
Витрати на монтаж вовчка, грн.	$K_{мон.}$	2665	5330	2665
Витрати на виділення виробничої площі, грн.	$K_{пл}$	2340	4680	2340
Інші витрати, грн.	$K_{ін}$	2509	5018	2509
Всього	$K$	314288	628576	316238

Таблиця Г.13

**Кошторис експлуатаційних витрат виготовлення вовчка з вихідною решіткою Ø160 мм**

Статті витрат	Позначення	Значення	
		Стандартна конструкція вовчків	Нова конструкція вовчка
Витрати на оплату споживаної електроенергії, грн.	$E_{EH}$	12928	7197
Витрати на оплату праці оператора, грн.	$E_{ПЕРС}$	5200	2600
Витрати на придбання ножів і решіток, грн.	$E_{PIЗ}$	585124	35287
Всього	$E$	76753	45084

**Показники економічної ефективності використання вовчка розробленої  
конструкції з вихідною решіткою Ø160 мм**

Показники	Позначення	Величина показників	
		до впровадження	після впровадження
Річний випуск продукції, тис. т	<i>A</i>	4387	4387
Продуктивність вовчка, кг/год	<i>Q</i>	11700	10530
Собівартість продукції, грн./кг	<i>C</i>	54,7	49,8
Потужність електродвигуна, кВт	<i>N</i>	44,2 кВт/год	22,1кВт/г од
Виробнича площа, м <sup>2</sup>	<i>S</i>	13	6,5
Капітальні витрати, грн.	<i>K</i>	628576	316238
Витрати на експлуатацію, грн.	<i>E</i>	76753	45084
Річний економічний ефект, грн.	<i>Э</i>	-	344000
Термін окупності, років	<i>T<sub>ок</sub></i>	-	2,3

Розроблена конструкція вовчка з решіткою Ø200 мм забезпечує (у порівнянні зі стандартною конструкцією) економічний ефект  $\Delta\Pi = 344007$  грн/рік. Термін окупності  $T=2,3$  року.

Економічний ефект від використання вовчків вдосконаленої будови:

- при діаметрі решіток 130 мм - 154891;
- при діаметрі решіток 160 мм–244158;
- при діаметрі решіток 200 мм - 344000 грн.

У випадку використання різального комплексу зменшеної вартості:

- при діаметрі решітки 130 мм - 4500;
- при діаметрі решітки 130 мм - 6448;
- при діаметрі решітки 130 мм - 8060 грн.



Можна дійти висновку, що при впровадження результатів наведених досліджень стає можливим досягти річний економічний ефект в межах 4500-344000 грн. для одного вовчка.

### Г.3 Економічний ефект при використанні вдосконалених емульсаторів

За результатами проведених досліджень економічний ефект від використання вдосконаленої конструкції емульсатора містить наступні складові: підвищення питомої продуктивності; покращення якості обробки сировини за рахунок зменшення її нагріву; підвищення довговічності різального інструменту емульсатора технологічними і конструктивними методами.

Розрахунок техніко-економічних показників використання вдосконаленого емульсатора наводиться відповідно до методики, представленої в п. Г.1, для емульсатора марки Karl Schnell FD 175 з різальним комплектом діаметром 175 мм.

В таблиці Г.15 наведено числові значення підвищення досліджуваних показників при використанні кожного запропонованого технічного рішення.

Таблиця Г.15

#### Числові значення підвищення досліджуваних показників

Вид вдосконаленого елемента конструкції	Підвищення питомої продуктивності емульсатора, разів	Зміна нагріву сировини $\Delta t$ , °C	Підвищення зносостійкості ножів, разів
Рис. 5.59 бункер	1,12	-1	-
Рис. 5.61 нагнітач	1,4	-2	-
Рис. 5.63 різальний вузол	-	-4	-
Рис. 5.84	1,12	-0,5	-

антиадгезійне покриття			
Рис. 5.86 вивантажувач	-	-1	-
Рис. 5.87 зносостійкість	-	-	3,4

Капітальні вкладення на виготовлення емульсатора наведені в таблиці Г.16.

Таблиця Г.16

### Кошторис капітальних вкладень на виготовлення емульсатора

Назва елементу конструкції	Витрати на конструювання обладнання $K_K$ , грн.	Витрати на виготовлення обладнання $K_B$ , грн.	Витрати на придбання техн. оснащення $K_{np}$ , грн.	Витрати і інші $K_{ини}$ , грн.	Всього
Стандартні елементи конструкції					
Емульсатор	65573	118034	13115	3278	200000
Ножовий вал	2095	3771	419	105	6391
Електродвигун головного приводу	7697	13856	1539	385	23478
Ножі, 2 шт.	427	769	85	22	1304
Решітки, 2 шт.	4960	8929	992	247	15130
Станина	19315	34768	3863	965	58913
Вдосконалені елементи конструкції					
Рис. 5.60 бункер	13114	23606	2623	655	40000
Рис. 5.61 нагнітач	456	8200	91	52	8799
Рис. 5.63 різальний вузол	465	7500	135	42	8142

Рис. 5.84 антиадгезійне покриття	640	3100	180	120	4040
Рис. 5.86 вивантажувач	760	1900	210	90	2960
Рис. 5.87 зносостійкість	520	1540	340	75	2475

Експлуатаційні витрати визначаються за кошторисом (таблиця Г.17). Показники економічної ефективності емульсаторів базової та вдосконаленої конструкцій наведено в таблиці Г.18.

Визначення економічної ефективності проведено для випадку роботи кутерів у складі технологічної лінії по виготовленню ковбас продуктивністю 20 т готових ковбасних виробів за зміну.

Результати розрахунку економічного ефекту від використання емульсатора вдосконаленої конструкції наведено в таблиці Г.19.

Таблиця Г.17

### Кошторис експлуатаційних витрат

Статті витрат	Значення	
	Базова конструкція емульсатора	Вдосконалена конструкція емульсатора
Витрати на оплату електроенергії, що споживається обладнанням $E_{ЕН}$ , грн.	4391	4391
Витрати на оплату праці обслуговуючого персоналу $E_{ПЕРС}$ , грн.	5521	5521
Витрати на придбання різального інструменту $E_{РІЗ}$ , грн.	7826	7826
Витрати на виділення та опалення	12260	12260

виробничих площ $E_{пл}$ , грн.		
Всього $E$ , грн.	44348	44348

Таблиця Г.18

**Показники економічної ефективності використання емульсатора  
вдосконаленої конструкції**

Показники	Позначення	Величина показників		Зміна показників	
		до впровадженн	після впровадженн	абсолютна	відносна, %
Продуктивність одного емульсатора, кг/год	$Q$	2500	3500	+1000	+40
Запланований випуск продукції технологічною лінією за зміну, т	$A_{зм}$	20	28	+8	+40
Річний випуск продукції технологічною лінією, т	$A$	4800	6720	+1920	+40
Кількість емульсаторів на дільниці, шт.	$n_{ем}$	1	1	-	-
Тривалість роботи емульсаторів за зміну, год	$\tau$	8	8	-	-
Підвищення собівартості продукції після подрібнення, грн./кг	$\Delta Ц$	0,2	0,22	+0,02	+10
Встановлена потужність емульсаторів на дільниці, кВт	$N$	37	37	-	-

Виробничі площі, які використовуються для встановлення емульсаторів на ділянці, м <sup>2</sup>	<i>S</i>	2,3	2,3	-	-
Капітальні вкладення на придбання і встановлення емульсаторів на ділянці, грн.	<i>K</i>	200000	266416	+66416	+33,2
Експлуатаційні витрати для емульсаторів на ділянці, грн.	<i>E</i>	44348	44348	-	-
Річний економічний ефект від використання емульсатора вдосконаленої конструкції, грн.	<i>П</i>	-	220000	-	-
Термін окупності капіталовкладень на вдосконалену конструкцію емульсатора, років	<i>T</i>	-	1,25	-	-

Розроблені технічні рішення з вдосконалення емульсатора забезпечують підвищення продуктивності в 1,4 рази, зменшення нагріву сировини на 4°C та підвищення зносостійкості різального інструменту в 3,4 рази.

Величина річного економічного ефекту від впровадження вдосконаленої конструкції емульсатора 220 000 грн. Термін окупності – 15 місяців.

За результатами розрахунку економічної ефективності можна зробити наступні висновки.

1. Загальний економічний ефект від використання вдосконалених кутерів містить такі складові: підвищення питомої продуктивності кутера; покращення якості обробки сировини; підвищення довговічності та надійності кутера. Розроблені технічні рішення з вдосконалення кутерів забезпечують

підвищення продуктивності в 2,8 рази, зменшення капітальних вкладень на 62% та зменшення експлуатаційних витрат на 75%. Економічний ефект від впровадження вдосконаленої конструкції кутера складає 1304 000 грн., термін окупності - 5,5 місяців.

2.Економічний ефект від використання вдосконалених вовчків обумовлений підвищенням питомої продуктивності машин та зменшенням витрат на купівлю різального інструменту. При використанні результатів наведених досліджень, залежно від продуктивності вовчка можливо досягти річного економічного ефекту в межах 4500 - 344 000 грн. для однієї одиниці обладнання.

3.Економічний ефект від використання вдосконаленої конструкції емульсатора містить наступні складові: підвищення питомої продуктивності; покращення якості обробки сировини за рахунок зменшення її нагріву; підвищення довговічності різального інструменту емульсатора технологічними і конструктивними методами. Розроблені технічні рішення з вдосконалення емульсатора забезпечують підвищення продуктивності в 1,4 рази, зменшення нагріву сировини на 4°C та підвищення зносостійкості різального інструменту в 3,4 рази. Величина річного економічного ефекту від впровадження вдосконаленої конструкції емульсатора 220 000 грн. Термін окупності –15 місяців.



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA (11) 114119 (13) C2  
(51) МПК  
B02C 18/36 (2006.01)

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

<p>(21) Номер заявки: а 2015 04547 (22) Дата подання заявки: 12.05.2015 (24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 25.04.2017 (41) Публікація відомостей про заявку: 25.11.2016, Бюл.№ 22 (46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.04.2017, Бюл.№ 8</p>	<p>(72) Винахідник(и): Некоз Олександр Іванович (UA), Іванов Павло Васильович (UA), Батраченко Олександр Вікторович (UA), Мирошніченко Костянтин Анатолійович (UA) (73) Власник(и): Батраченко Олександр Вікторович, вул. Сумгаїтська, 61, кв. 19, м. Черкаси, 18010 (UA) (56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: SU 601045 A1, 05.04.0978 US 20120261501 A1, 18.10.2012 SU 1789268 A1, 23.01.1993 EP 1870162 A2, 26.12.2007 US 20120286077 A1, 15.11.2012 UA 50116 U, 25.05.2010 RU 02116837 C1, 10.08.1998 RU 98788 U1, 20.08.2010 RU 86492 U1, 10.09.2009</p>
---	--

## (54) РІЗАЛЬНИЙ МЕХАНІЗМ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ ХАРЧОВОЇ СИРОВИНИ

### (57) Реферат:

Винахід належить до пристроїв для подрібнення харчових продуктів, переважно м'яса. Різальний механізм пристрою для подрібнення харчової сировини містить щонайменше одну перфоровану решітку, з якою контактує обертовий ніж, що має щонайменше одне лезо, причому щонайменше одна з перфорованих решіток являє собою пластину з однією або двома робочими торцевими поверхнями, яка має центральний отвір, периферійне кільце жорсткості, яке розташоване по периметру решітки, центральне кільце жорсткості, яке розташоване по периметру центрального отвору та робочі отвори, які призначені для подрібнення харчової сировини. Перфорована решітка додатково містить щонайменше одне проміжне кільце жорсткості, причому кожне проміжне кільце жорсткості розташоване між центральним та периферійним кільцями жорсткості, а кожне лезо ножа має щонайменше одну проміжну ділянку, яка розташована над відповідним проміжним кільцем жорсткості решітки таким чином, що при обертанні ножа в складі різального механізму проміжна ділянка леза не третється об проміжне кільце жорсткості. При цьому ширина стінки щонайменше одного з проміжних кілець жорсткості є однаковою з обох кінців або змінною таким чином, що ширина стінки проміжного кільця з боку контакту решітки з відповідним обертовим ножем є мінімальною. Робочі отвори розташовані між центральним, щонайменше одним проміжним та периферійним кільцями жорсткості. Технічний результат полягає у зменшенні нагріву харчової сировини при її подрібненні у різальному механізмі та підвищенні міцності та жорсткості решітки.

UA 114119 C2

## UA 114119 C2

Винахід належить до пристроїв для подрібнення (переважно тонкого) харчових продуктів (переважно м'яса) та може бути використаний у харчовій промисловості, підприємствах загального харчування та побуті.

Відома решітка до подрібнювача, яка має радіальні ребра жорсткості, що розділяють решітку на сектороподібні ділянки рівної площі [а.с. СССР № 601045 кл. B02C 18/36, 1978].

Найбільш близьким за технічною суттю до пристрою, що пропонується, є різальний механізм пристрою для тонкого подрібнення харчової сировини (емульсифікатора) торговельної марки „Karl Schnell“ [Промисловий каталог фірми Karl Schnell GmbH & CO. KG [Електронний ресурс]. - Німеччина, 2015. - Режим доступу: [www.karlschnell.de](http://www.karlschnell.de)]. Його й виберемо як прототип. Різальний механізм пристрою містить щонайменше одну перфоровану решітку, з якою контактує ніж, який має щонайменше одне лезо. Перфоровані решітки, які входять до складу даного механізму, у випадку виконання отворів перфорації малого діаметра, мають наступну будову: решітка має центральний отвір, периферійне кільце жорсткості, яке розташоване по периметру решітки, центральне кільце жорсткості, яке розташоване по периметру центрального отвору та робочі отвори, які призначені для подрібнення харчової сировини; причому центральне та периферійне кільця жорсткості сполучені між собою ребрами жорсткості, які розташовані переважно в радіальному напрямі решітки; робочі отвори розташовані між кільцями та ребрами жорсткості; товщина решітки на ділянках кілець та ребер жорсткості може бути вища за товщину решітки на ділянках з робочими отворами [Промисловий каталог фірми Karl Schnell GmbH & CO. KG [Електронний ресурс]. - Німеччина, 2015. - Режим доступу: [www.ks-hopla.de](http://www.ks-hopla.de)].

Недоліками даного різального механізму є: високий нагрів харчової сировини при її подрібненні (що є особливо негативним чинником при подрібненні м'ясної сировини), який обумовлений великою площею тертя (контакту) ножа з решіткою внаслідок, в тому числі, наявності ребер жорсткості; недостатня міцність та жорсткість решітки, що обумовлено тим, що радіальні ребра жорсткості недостатньо покращують показники міцності решітки.

В основу винаходу поставлена задача отримання нового технічного результату. Технічним результатом є: зменшення нагріву харчової сировини при її подрібненні у різальному механізмі; підвищення міцності та жорсткості решітки.

Поставлена задача вирішується тим, що різальний механізм пристрою для подрібнення харчової сировини, який містить щонайменше одну перфоровану решітку, з якою контактує обертовий ніж, що має щонайменше одне лезо, причому щонайменше одна з перфорованих решіток являє собою пластину з однією або двома робочими торцевими поверхнями, яка має центральний отвір, периферійне кільце жорсткості, яке розташоване по периметру решітки, центральне кільце жорсткості, яке розташоване по периметру центрального отвору та робочі отвори, які призначені для подрібнення харчової сировини, причому товщина решітки на ділянках кілець жорсткості може бути вища за товщину решітки на ділянках з робочими отворами, відрізняється тим, що перфорована решітка додатково містить щонайменше одне проміжне кільце жорсткості, кожне проміжне кільце жорсткості розташоване між центральним та периферійним кільцями жорсткості, кожне лезо ножа має щонайменше одну проміжну ділянку, яка при обертанні ножа в складі різального механізму не третється об решітку, кожна проміжна ділянка лез ножа розташована над відповідним проміжним кільцем жорсткості решітки таким чином, що проміжна ділянка леза не третється об проміжне кільце жорсткості, ширина стінки щонайменше одного з проміжних кілець жорсткості може бути змінною таким чином, що ширина стінки кільця з боку контакту решітки з відповідним обертовим ножом є мінімальною, робочі отвори розташовані між центральним, проміжними та периферійним кільцями жорсткості.

Винахід пояснюється кресленнями, на яких зображено: на фіг. 1 - загальний вигляд різального механізму пристрою для подрібнення харчової сировини, що пропонується; на фіг. 2 - загальний вигляд решітки, що входить до різального механізму пристрою для подрібнення харчової сировини; на фіг. 3 - загальний вигляд ножа, що входить до різального механізму пристрою для подрібнення харчової сировини; на фіг. 4 - поперечний переріз решітки.

Різальний механізм пристрою для подрібнення харчової сировини (фіг. 1-4) містить щонайменше одну перфоровану решітку 1, з якою контактує обертовий ніж 2, який, в свою чергу, має щонайменше одне лезо 3. Перфорована решітка являє собою пластину з однією або двома робочими торцевими поверхнями 4. Решітка має центральний отвір 5, периферійне кільце жорсткості 6, що розташоване по периметру решітки, центральне кільце жорсткості 7, що розташоване по периметру центрального отвору 5 та робочі отвори 8, які призначені для подрібнення харчової сировини. Товщина решітки  $S_1$  на ділянках кілець жорсткості може бути вища за товщину решітки  $S_2$  на ділянках з робочими отворами. Решітка має щонайменше одне проміжне кільце жорсткості 9, яке розташоване між центральним 7 та периферійним 6



## UA 114119 C2

кільцями жорсткості. Кожне лезо ножа 3 має щонайменше одну проміжну ділянку 10, яка при обертанні ножа в складі різального механізму не третється об решітку. Проміжна ділянка 10 леза ножа розташована над відповідним проміжним кільцем жорсткості 9 решітки таким чином, що проміжна ділянка леза 10 не третється об проміжне кільце жорсткості 9 (фіг. 1). Ширина стінки проміжного кільця жорсткості 9 може бути змінною таким чином, що ширина стінки кільця з боку контакту решітки з відповідним обертовим ножом є мінімальною (фіг. 4) на відміну від ширини  $b$  з протилежного боку. Робочі отвори 8 розташовані між центральним 7, проміжними 9 та периферійним 6 кільцями жорсткості.

Різальний механізм пристрою для подрібнення харчової сировини працює наступним чином. Харчова сировина, що подрібнюється, подається шнеком подрібнювача (не вказаний) або іншим чином до різального механізму (не показаний), який складається щонайменше з однієї перфорованої решітки 1 з якою контактує обертовий ніж 2. Харчова сировина проштовхується у робочі отвори 8 та подрібнюється (розрізається) завдяки спільній дії робочих отворів 8 та лез 3 обертового ножа 2. Після подрібнення харчова сировина проштовхується далі по робочих отворах 8 наступним об'ємом сировини, що подається до різального механізму, та виводиться із перфорованої решітки 1 та далі - з різального механізму.

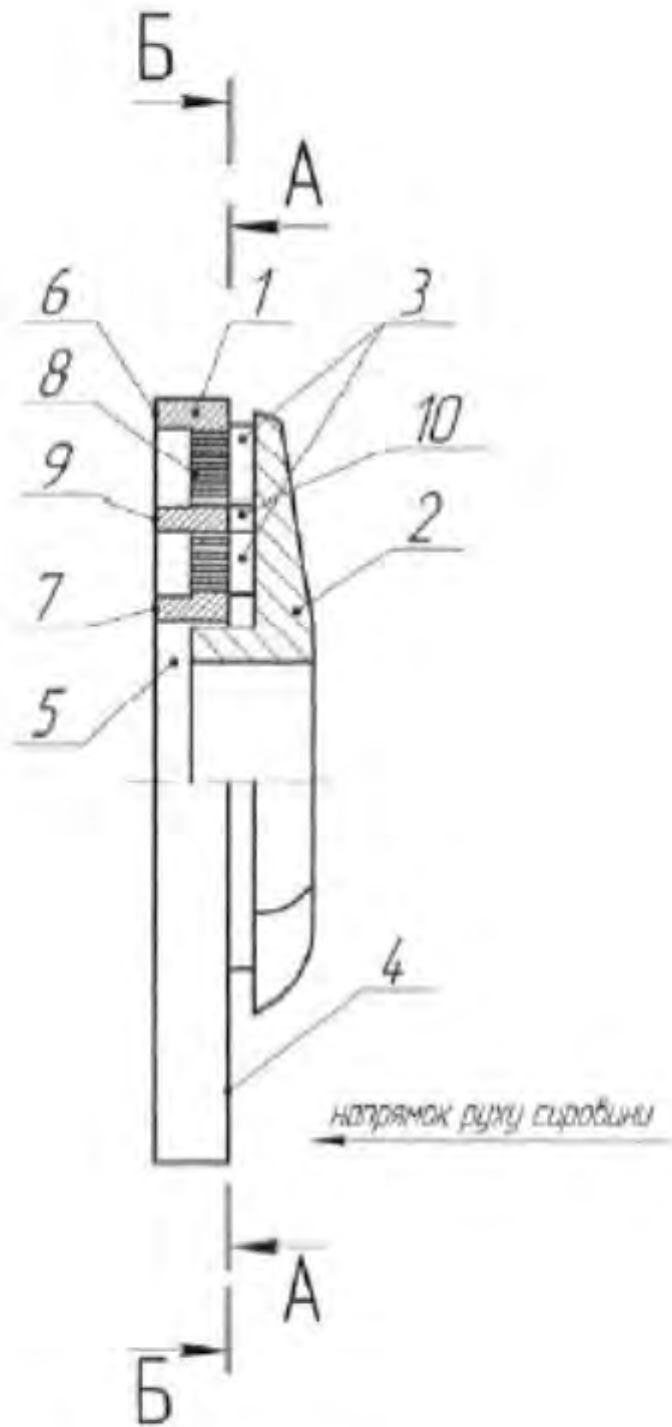
Внаслідок того, що перфорована решітка має проміжне кільце жорсткості 8, на відміну від прототипу, який має радіальні ребра жорсткості, а також внаслідок наявності в лезах ножа проміжних ділянок 10 при обертанні ножа леза 3 не труться об елементи жорсткості решітки (в даному випадку - об проміжне кільце жорсткості 9). Це призводить до того, що загальна площа тертя лез 3 ножа об перфоровану решітку зменшується на величину близько 25 %. В свою чергу таке зменшення площі тертя призводить до істотного зменшення нагріву харчової сировини при її подрібненні в різальному механізмі. У випадку подрібнення м'ясної сировини таке зменшення її нагріву обумовлює кращу якість та збільшену кількість виготовленого готового продукту (наприклад, ковбасних виробів).

Одночасно з цим наявність проміжного кільця жорсткості 9 та його вказане розташування призводить до покращення показників міцності решітки в порівнянні з прототипом. Це дозволяє забезпечити кращі умови подрібнення харчової сировини у різальному механізмі, а також підвищену довговічність решітки.

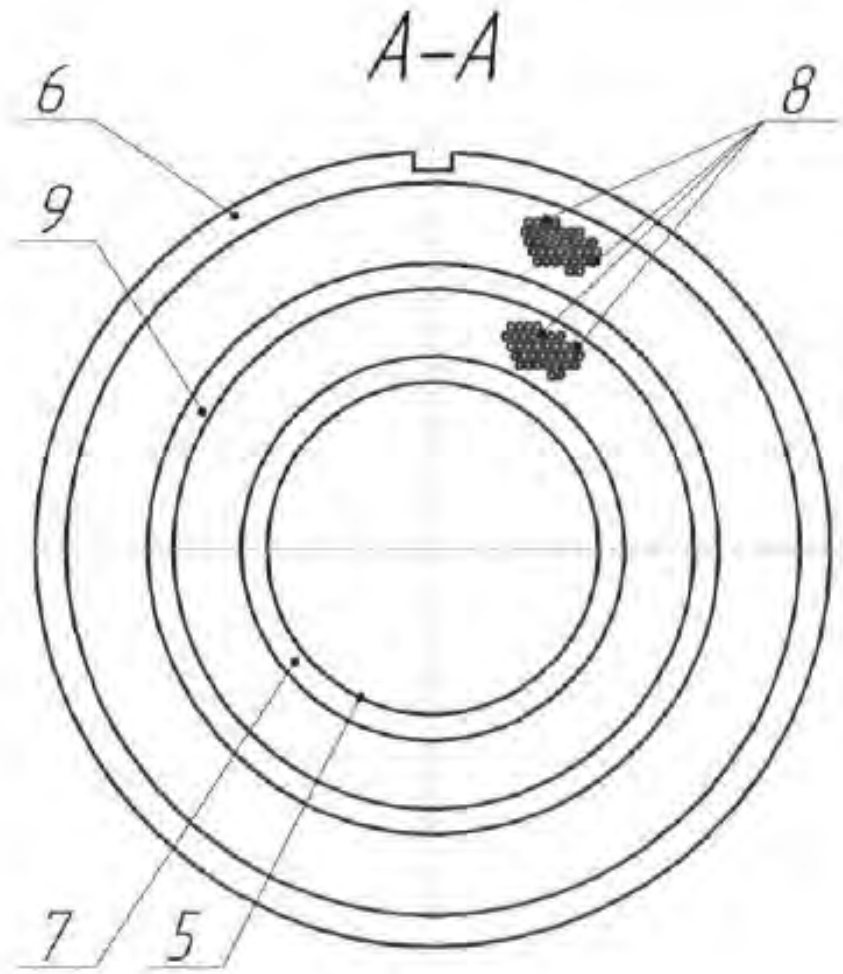
## ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Різальний механізм пристрою для подрібнення харчової сировини, який містить щонайменше одну перфоровану решітку, з якою контактує обертовий ніж, що має щонайменше одне лезо, причому щонайменше одна з перфорованих решіток являє собою пластину з однією або двома робочими торцевими поверхнями, яка має центральний отвір, периферійне кільце жорсткості, яке розташоване по периметру решітки, центральне кільце жорсткості, яке розташоване по периметру центрального отвору та робочі отвори, які призначені для подрібнення харчової сировини, який відрізняється тим, що перфорована решітка додатково містить щонайменше одне проміжне кільце жорсткості, причому кожне проміжне кільце жорсткості розташоване між центральним та периферійним кільцями жорсткості, а кожне лезо ножа має щонайменше одну проміжну ділянку, яка розташована над відповідним проміжним кільцем жорсткості решітки таким чином, що при обертанні ножа в складі різального механізму проміжна ділянка леза не третється об проміжне кільце жорсткості, при цьому ширина стінки щонайменше одного з проміжних кілець жорсткості є однаковою з обох кінців або змінною таким чином, що ширина стінки проміжного кільця з боку контакту решітки з відповідним обертовим ножом є мінімальною, при цьому робочі отвори розташовані між центральним, щонайменше одним проміжним та периферійним кільцями жорсткості.

UA 114119 C2

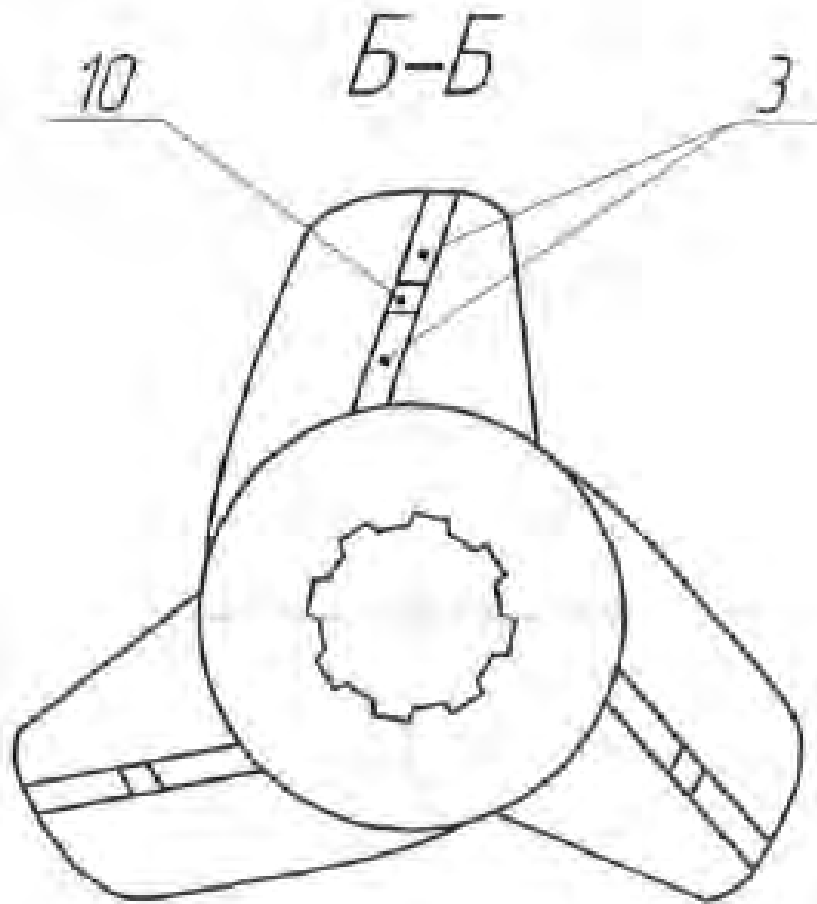


UA 114119 C2



Фиг. 2

UA 114119 C2



Фиг. 3

UA 114119 C2

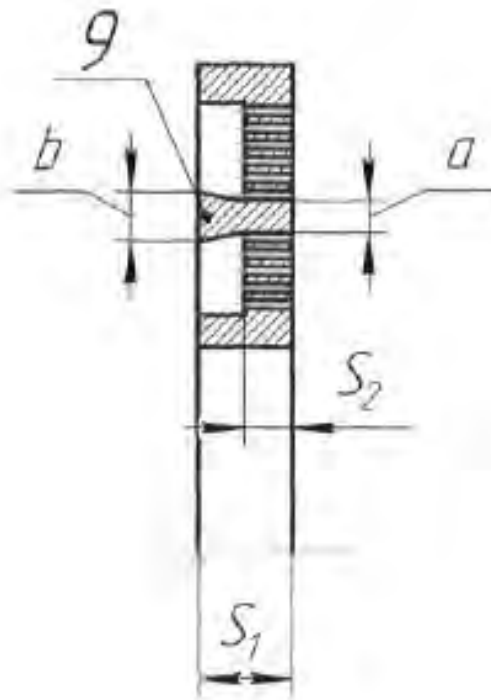


Fig. 4

---

Комп'ютерна верстка М. Мацело

---

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

---

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601



УКРАЇНА

(19) UA (11) 116036 (13) C2

(51) МПК

C21D 7/08 (2006.01)

C21D 9/18 (2006.01)

B02C 18/20 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

<p>(21) Номер заявки: а 2016 02692</p> <p>(22) Дата подання заявки: 18.03.2016</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 25.01.2018</p> <p>(41) Публікація відомостей про заявку: 25.09.2017, Бюл.№ 18</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.01.2018, Бюл.№ 2</p>	<p>(72) Винахідник(и): Батраченко Олександр Вікторович (UA)</p> <p>(73) Власник(и): Батраченко Олександр Вікторович, вул. Сумгайтська, 61, кв. 19, м. Черкаси, 18010 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: Маркус Л. И. Металлографические исследования причин аварийной поломки ножей высокоскоростных куттеров / Л. И. Маркус, А. Н. Шаталов, В. С. Буркин // Мясная индустрия.-2010. - № 9 "Куттер марки Л5-ФКБ. Техническое описание и инструкция по эксплуатации Черкасы, Редакционно-издательский отдел облполиграфиздата, 1988 Некоз О. І. Дослідження міцності ножів куттера при дії на них комплексного навантаження / О. І. Некоз, І. М. Литовченко, О. В. Батраченко // Вісник ЧДТУ.-2013. - № 3. - С 54-61.), також знижується корозійна стійкість ножа UA 75977 A, 15.06.2006 SU 1792436 A3, 30.01.1993 US 3980506 A, 14.09.1976 US 20051606602 A1, 28.07.2005</p>
---	---

UA 116036 C2

## (54) СПОСІБ ЗМІЦНЕННЯ НОЖА КУТЕРА

## (57) Реферат:

1. Галузь застосування: харчова промисловість.
2. Суть винаходу: спосіб зміцнення ножа куттера, при якому спочатку проводять відпалювання всього ножа, потім його нормалізацію або поліпшення до твердості HB 200÷350, після чого проводять загартування лева на всю глибину до твердості HRC<sub>n</sub> 52÷66 з відповідним відпуском, а також полірування лева та бокових поверхонь робочої частини ножа, який відрізняється тим, що додатково проводять поверхнєве загартування з відповідним відпуском інших ділянок ножа до твердості HRC<sub>n</sub> 52÷66 на глибину 0,03÷2 мм та їх полірування до шорсткості, при якій середня висота мікронерівностей поверхонь не перевищує 1,0 мкм.
3. Технічний результат: підвищення міцності та корозійної стійкості ножа.

## UA 116036 C2

Винахід належить до м'ясопереробної промисловості і може бути використаний в машинах для тонкого подрібнення м'ясної сировини при виробництві ковбас, сосисок, сардельок, паштетів.

5 Відомий спосіб зміцнення ножа кутера, який полягає у загартуванні з відповідним відпуском робочої частини ножа разом із лезом до твердості HRC<sub>0</sub> 42÷54 на всю глибину, нормалізації або поліпшенні посадочної частини ножа до твердості HRC<sub>0</sub> 30÷40 на всю глибину та поліруванні леза і бокових поверхонь ножа (Маркус Л.И. Металлографические исследования причин аварийной поломки ножей высокоскоростных куттеров / Л.И. Маркус, А.Н. Шаталов, В.С. Буркин // Мясная индустрия. - 2010. - № 9. - С. 42-45.).

10 Недоліком даного способу зміцнення ножа є недостатня міцність ножа через підвищену крихкість робочої частини. Загартування робочої частини ножа на всю глибину дозволяє забезпечити високу втомну міцність при знакозмінних навантаженнях, однак ударний характер роботи ножів кутера (особливо при переробці охолодженої, замороженої або парної кускової м'ясної сировини) призводить до появи мікротріщин у загартованому металі та до руйнування ножа. При цьому руйнування ножа призводить до пошкодження кутера та значних матеріальних збитків.

15 Найбільш близьким до способу, що пропонується, є спосіб зміцнення ножів кутера, який полягає у відпалюванні всього ножа, нормалізації або поліпшенні його до твердості HB 200÷350, після чого проводиться загартування леза на всю глибину до твердості HRC<sub>0</sub> 52÷66 з відповідним відпуском (наприклад, за допомогою індукційного загартування струмами високої частоти), а також полірування леза та бокових поверхонь робочої частини ножа (Куттер марки Л5-ФКБ. Техническое описание и инструкция по эксплуатации Черкаassy, Редакционно-издательский отдел облполиграфиздата, 1990. - 40 с.).

20 Загартування леза дозволяє підвищити його зносостійкість, нормалізація або поліпшення інших частин ножа дозволяє покращити в'язкість корпусу ножа, що є сприятливим в умовах ударних знакозмінних навантажень. Полірування бокових поверхонь ножа дозволяє підвищити його втомну міцність, оскільки, як відомо, чим менша шорсткість деталі тим вища її втомна міцність.

25 Однак даний спосіб обумовлює недостатньо високу міцність ножа кутера, що призводить до можливості його руйнування під час кутерування. Недостатня міцність обумовлена двома чинниками. Незагартовані бокові поверхні ножа не мають високої втомної міцності при знакозмінних навантаженнях та складному напружено-деформованому стані ножа під час виконання різання, також вони мають недостатню корозійну стійкість. Відсутність полірування тильної кромки ножа, яка використовується для перемішування сировини, знижує втомну міцність ножа, оскільки саме в даній зоні знаходиться одна з найбільш напружених ділянок робочої частини ножа (Некоз О.І. Дослідження міцності ножів кутера при дії на них комплексного навантаження / О.І. Некоз, І.М. Литовченко, О.В. Батраченко // Вісник ЧДТУ.-2013. - № 3. - С 54-61.), також знижується корозійна стійкість ножа.

30 В основу винаходу поставлена задача отримання нового технічного результату. Технічним результатом є: підвищення міцності та корозійної стійкості ножа.

35 Поставлена задача вирішується тим, що спосіб зміцнення ножа кутера, при якому спочатку проводять відпалювання всього ножа, потім його нормалізацію або поліпшення до твердості HB 200÷350, після чого проводять загартування леза на всю глибину до твердості HRC<sub>0</sub> 52÷66 з відповідним відпуском, а також полірування леза та бокових поверхонь робочої частини ножа, відрізняється тим, що додатково проводять поверхнєве загартування з відповідним відпуском інших ділянок ножа до твердості HRC<sub>0</sub> 52÷66 на глибину 0,03÷2 мм та їх полірування до шорсткості, при якій середня висота мікронерівностей поверхонь не перевищує 1,0 мкм.

40 Винахід пояснюється кресленнями, на яких зображено: на фіг. 1 - загальний вигляд ножа кутера за винаходом, що пропонується; на фіг. 2 - поперечний переріз робочої частини ножа кутера; на фіг. 3 - поперечний переріз посадочної частини ножа кутера.

45 Спосіб зміцнення ножа кутера полягає в тому, що спочатку проводять відпалювання всього ножа на всю глибину, потім його нормалізацію або поліпшення до твердості HB 200÷350 на всю глибину. Після цього проводять загартування леза 1 на всю глибину до твердості HRC<sub>0</sub> 52÷66 з відповідним відпуском (наприклад, за допомогою індукційного загартування струмами високої частоти, плазмового загартування або ін.). Після цього проводиться поверхнєве загартування з відповідним відпуском інших ділянок 4, 5 ножа до твердості HRC<sub>0</sub> 52÷66 на глибину 0,03÷2 мм (наприклад, за допомогою індукційного загартування струмами високої частоти, плазмового загартування або інших методів поверхнєвого загартування). Потім проводиться полірування всіх поверхонь ножа, включаючи лезо 1, робочу частину 2, посадочну частину 3 та тильну кромку 4, яка призначена для перемішування сировини під час реверсного обертання ножа.

## UA 116036 C2

Полірування проводиться до шорсткості, при якій середня висота мікронерівностей поверхонь не перевищує 1,0 мкм.

При цьому загартування леза 1 підвищує його зносостійкість.

5 Нормалізація або поліпшення серцевини 6 посадочної частини 3 та серцевини 6 робочої частини 2 ножа підвищує його в'язкість, що є сприятливим для умов роботи ножа при кутеруванні (ударне навантаження).

Загартування поверхневих шарів 5 робочої частини 2 ножа підвищує втомну міцність та корозійну стійкість цих ділянок.

10 Загартування поверхневих шарів 5 посадочної частини 3 підвищує їх опір корозії та зношуванню в умовах фретингу.

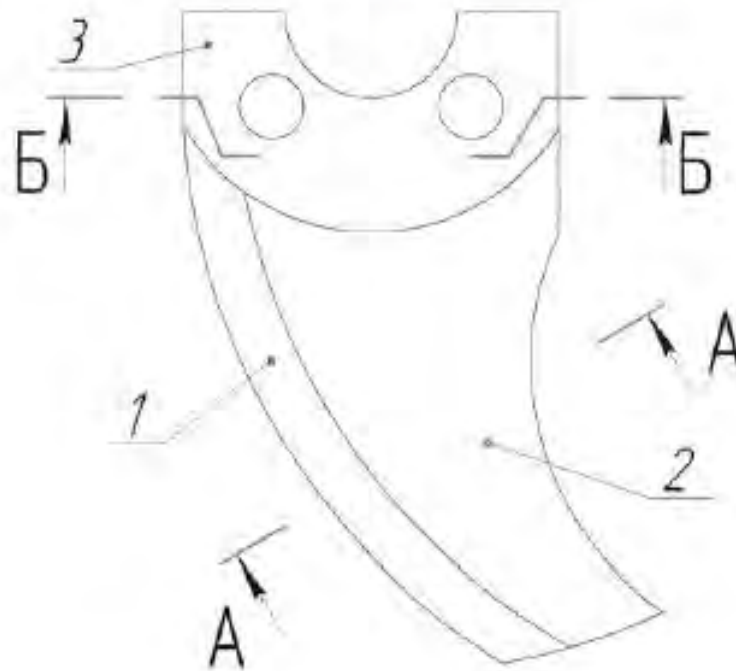
Полірування всіх поверхонь ножа підвищує їх втомну міцність та корозійну стійкість.

В результаті стає можливим найбільш ефективне поєднання робочих властивостей ножа кутера в порівнянні з відомими аналогами.

15

## ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

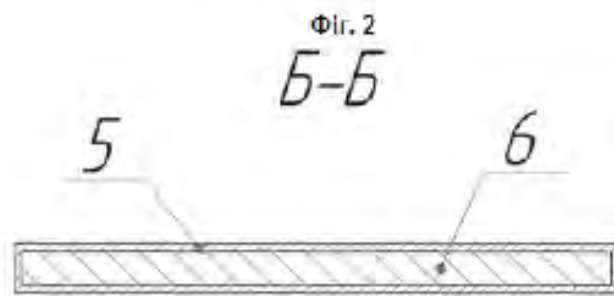
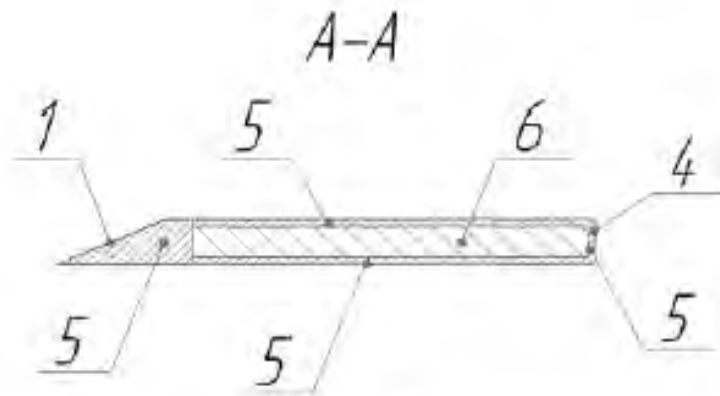
20 Спосіб зміцнення ножа кутера, при якому спочатку проводять відпалювання всього ножа, потім його нормалізацію або поліпшення до твердості HB 200-350, після чого проводять загартування леза на всю глибину до твердості HRC<sub>c</sub> 52-66 з відповідним відпуском, а також полірування леза та бокових поверхонь робочої частини ножа, який відрізняється тим, що додатково проводять поверхнєве загартування з відповідним відпуском інших ділянок ножа до твердості HRC<sub>c</sub> 52-66 на глибину 0,03-2 мм та їх полірування до шорсткості, при якій середня висота мікронерівностей поверхонь не перевищує 1,0 мкм.



Фіг. 1



UA 116036 C2



Фіг. 3

Комп'ютерна верстка О. Рябо

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ - 42, 01601



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **116037** (13) **C2**

(51) МПК (2017.01)

B02C 18/06 (2006.01)

B02C 18/16 (2006.01)

B02C 18/20 (2006.01)

B26D 1/00

B26D 7/00

МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД**

<p>(21) Номер заявки: а 2016 02700</p> <p>(22) Дата подання заявки: 18.03.2016</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 25.01.2018</p> <p>(41) Публікація відомостей про заявку: 25.09.2017, Бюл.№ 18</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.01.2018, Бюл.№ 2</p>	<p>(72) Винахідник(и): Батраченко Олександр Вікторович (UA)</p> <p>(73) Власник(и): Батраченко Олександр Вікторович, вул. Сумгаїтська, 61, кв. 19, м. Черкаси, 18010 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: Ивашов В.И. и др. Новые режущие устройства куттеров: Обзорн. информ. - М.: АгроНИИТЗИММП, 1988 DE 19823412 A1, 02.12.1999 DE 2522869 A1, 02.12.1976 DE 20313038 U1, 30.10.2003 UA 88606 C2, 10.11.2009 SU 1728031 A2, 15.04.1992</p>
---	---

**(54) НОЖОВА ГОЛОВКА КУТЕРА****(57) Реферат:**

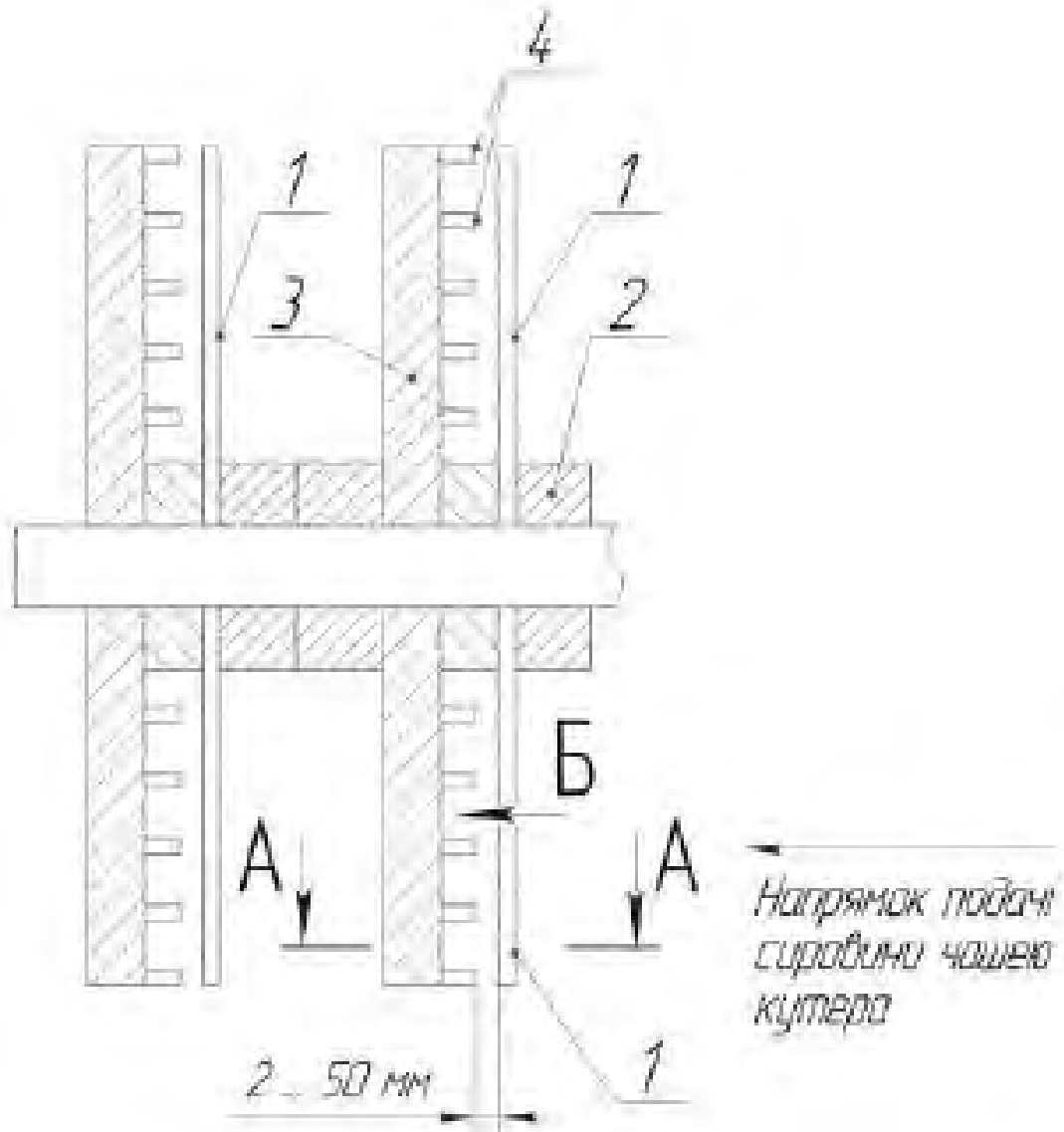
1. Галузь застосування: харчова промисловість.

2. Суть винаходу: ножова головка кутера, яка складається з щонайменше одного ножа, яка відрізняється тим, що додатково обладнана щонайменше однією державкою з лезами, яка розташована після кожного ножа переважно в площині, яка паралельна площині його обертання, державка містить щонайменше одне лезо та елементи кріплення леза до державки, а вона розташована в ножовій головці таким чином, що у фронтальній проекції ножової головки різальні краї лез простягаються за різальний край леза ножа в напрямку, зворотному напрямку обертання ножової головки, на відстань до 100 мм, кожне лезо в державці розміщено так, що його різальний край розташований переважно по напрямку сили різання на даному радіусі обертання точок ножової головки, державка розміщена так, що леза розміщені на відстані 2-50 мм від відповідного ножа; кожне лезо на своїй посадочній частині має похилий скіс, а один з елементів кріплення має відповідний похилий виступ і кріпиться до державки різьбовим з'єднанням, причому при закріпленні елемента кріплення на державці його похилий виступ взаємодіє з похилим скосом леза, внаслідок чого лезо підтискається і фіксується від зміщення на державці в площині обертання державки та в площині, яка перпендикулярна площині обертання державки.

3. Технічний результат: підвищення продуктивності кутера.

UA 116037 C2

UA 116037 C2



Фиг. 1

## UA 116037 C2

Винахід належить до м'ясопереробної промисловості і може бути використаний для тонкого подрібнення м'ясної сировини при виробництві ковбас, сосисок, сардельок, паштетів.

Відома ножова головка кутера, яка містить ножі, що розміщені попарно і різних площинах обертання (різання) [а. с. СРСР № 1778200, кл. B02C 18/06, 1988].

Недоліками такого розташування ножів в ножовій головці є недостатньо висока різальна здатність кутера (його продуктивність). Причиною цього є те, що, як відомо [Hammer G., Stoyanov S. Über das Kutteln von Brühwurstbrat. // Mitteilungsblatt der Fleischforschung Kulmbach, № 47, 2008, -243-251; Хаммер Г., Стоянов С. Участие второго ножа куттера в измельчении фарша // Мясные технологии, № 7, 2010. - С. 42-46], ножі, які розташовані в першій по напрямку обертання чаші кутера площині різання, скосами своїх лез інтенсивно відкидають відрізані пласти фаршу на кшталт пропелера. При цьому пласти фаршу пролітають крізь зону різання з високою швидкістю та майже не підлягають подрібненню іншими ножами ножової головки.

Відомі ножові головки з бар'єрними ножами, які призначені затримувати сировину в зоні різання під час її подрібнення [Степанов В.С. Куттерные ножи: барьерные в комплекте с перфорированными//Мясные технологии, № 6, 2010. - С. 16-18.; патент ФРН на винахід № 20 2005 012 121 U1, 2006; патент ФРН на винахід № 20 2004 007 487 U1, 2004].

Недоліки таких ножових головок аналогічні, вказаним вище. Взаємне розташування бар'єрних ножів, які встановлені в останній по напрямку обертання чаші кутера площині різання, та ножів першої площини різання не дозволяє надійно затримувати пласти фаршу, які відрізані ножами першої площини різання. Це відбувається внаслідок того, що пласти фаршу рухаються (летять) зі швидкістю, наближеною до швидкості різання, а відтак вони встигають покинути зону різання до того, як бар'єрні ножі, що розташовані в останній площині різання встигнуть зайняти необхідне положення (одним із ножів донизу).

Найбільш близькою за технічною суттю до ножової головки, що пропонується, є ножова головка кутера, яка складається з щонайменше одного ножа [Ивашов В.И. и др. Новые режущие устройства куттеров: Обзорн. информ. - М.: АгроНИИТЭИММП, 1986. - 40 с]. Недоліки її конструкції аналогічні попереднім.

В основу винаходу поставлена задача отримання нового технічного результату. Технічним результатом є: підвищення продуктивності кутера.

Поставлена задача вирішується тим, що ножова головка кутера, яка складається з щонайменше одного ножа, відрізняється тим, що додатково обладнана щонайменше однією державкою з лезами, яка розташована після кожного ножа переважно в площині, яка паралельна площині його обертання, державка містить щонайменше одне лезо та елементи кріплення леза до державки, леза виконані і розташовані в державці таким чином, а вона розташована в ножовій головці таким чином, що у фронтальній проекції ножової головки різальні краї лез простягаються за різальний край леза ножа в напрямку, зворотному напрямку обертання ножової головки, на відстань до 100 мм, кожне лезо в державці розміщено так, що його різальний край розташований переважно по напрямку сили різання на даному радіусі обертання точок ножової головки, державка розміщена так, що леза розміщені на відстані 2-50 мм від відповідного ножа; кожне лезо на своїй посадочній частині має похилий скіс, а один з елементів кріплення має відповідний похилий виступ і кріпиться до державки різьбовим з'єднанням, причому при закріпленні елемента кріплення на державці його похилий виступ взаємодіє з похилим скосом леза, внаслідок чого лезо підтискається і фіксується від зміщення на державці в площині обертання державки та в площині, яка перпендикулярна площині обертання державки.

Винахід пояснюється кресленнями, на яких зображено загальний вигляд ножової головки кутера за винаходом, що пропонується: на фіг. 1 - вигляд збоку; на фіг. 2 - поперечний переріз ножа та державки (принцип дії ножової головки за винаходом, що пропонується); на фіг. 3 - вигляд державки на фоні ножа наступної площини обертання; на фіг. 4 - будова леза; на фіг. 5 - лезо, що закріплене у державці елементом кріплення та різьбовим з'єднанням; на фіг. 6 - будова елемента кріплення.

Ножова головка кутера складається (фіг. 1-5) з щонайменше одного ножа 1, який встановлений на вузлі кріплення (ножовому блоці) 2. Ножова головка кутера містить щонайменше одну державку 3 з лезами 4, яка розташована після кожного ножа 1 переважно в площині, яка паралельна площині його обертання. Державка 3 містить щонайменше одне лезо 4 та елементи кріплення 5 і 6 леза до державки. Леза виконані і розташовані в державці таким чином, а вона розташована в ножовій головці таким чином, що у фронтальній проекції ножової головки різальні краї 7 лез простягаються за різальний край 8 леза ножа в напрямку, зворотному напрямку обертання ножової головки, на відстань до 100 мм.

## UA 116037 C2

Кожне лезо 4 в державці розміщено так (фіг. 3), що його різальний край 7 розташований переважно по напрямку сили різання  $v_p$  на даному радіусі обертання  $R$  точок ножової головки (тобто перпендикулярно вказаному радіусу обертання).

5 Державка розміщена в ножовій головці так, що леза 4 розміщені на відстані 2-50 мм від відповідного ножа 1. Кожне лезо 4 на своїй посадочній частині має похилий скіс 9, а один з елементів кріплення 5 має відповідний похилий виступ 10 і кріпиться до державки різьбовим з'єднанням 6. При закріпленні елемента кріплення 5 на державці його похилий виступ 10 взаємодіє з похилим скосом 9 леза 4, внаслідок чого лезо 4 підтискається і фіксується від  
10 зміщення на державці 3 в площині обертання державки та в площині, яка перпендикулярна площині обертання державки.

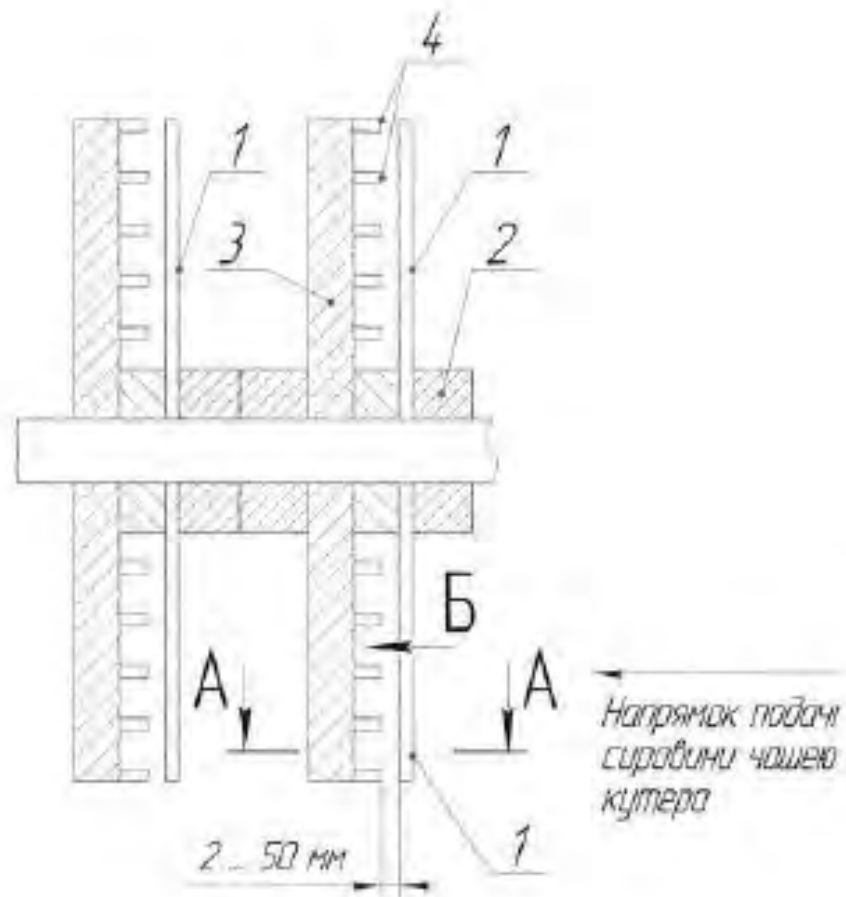
Ножова головка кутера працює наступним чином. При обертанні ножової головки кутера сировина, яка знаходиться в чаші кутера (не показано), спочатку подрібнюється кожним ножом 1. При подрібненні сировини під час обертання ножової головки ножі 1 своїми лезами інтенсивно відкидають відрізані пласти сировини на кшталт пропелера. При цьому пласт сировини на початку свого руху рухається вздовж поверхні заточки леза. Наштовхуючись з високою швидкістю на леза 4 державки 3, сировина додатково подрібнюється, чим забезпечується підвищення продуктивності кутера. Наявність державки 3 з лезами 4 після кожного ножа 1 дозволяє суттєво підвищити продуктивність кутера при подрібненні сировини. Після проміжку часу, тривалість якого визначається технологічними вимогами, чаша та ножовий вал кутера зупиняються, процес подрібнення сировини закінчено. Для заточування лез 4 відвинчуються елементи кріплення 6, знімаються елементи кріплення 5 та вивільнюються леза 4. Після заточування вони встановлюються на державку і закріплюються в ній у зворотному порядку.

25 Будова ножової головки за винаходом, що пропонується, дозволяє корисно використовувати кінетичну енергію пластів сировини, які відкидаються ножами, тоді як за відомим аналогами ця кінетична енергія витрачається на високошвидкісне ковзання сировини по стінці чаші, внаслідок чого сировина надто нагрівається, що є шкідливим.

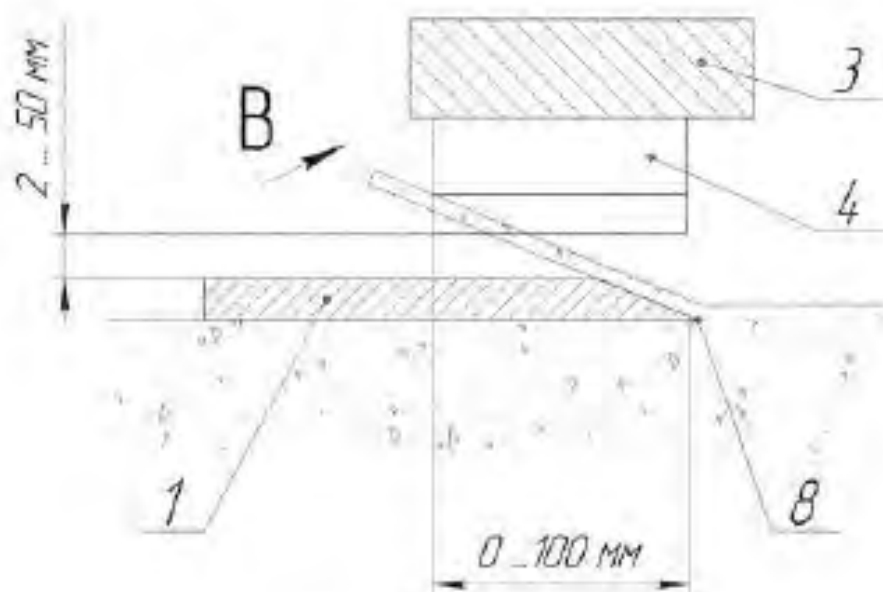
## ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

30 Ножова головка кутера, яка складається з щонайменше одного встановленого на вузлі кріплення ножа, яка відрізняється тим, що додатково містить щонайменше одну державку, розташовану за кожним ножом в площині, паралельній площині його обертання, на відстані 2-50 мм, причому державка оснащена щонайменше одним лезом, закріпленим на ній за допомогою  
35 елемента кріплення з різьбовим з'єднанням, а у фронтальній проекції ножової головки різальні краї лез виступають за різальний край леза ножа в напрямку, зворотному напрямку обертання ножової головки, на відстань до 100 мм, причому кожне лезо державки у своїй посадочній частині має похилий скіс, а елемент кріплення - відповідний похилий виступ, виконані з можливістю взаємодії при встановленні елемента кріплення на державці.

UA 116037 C2



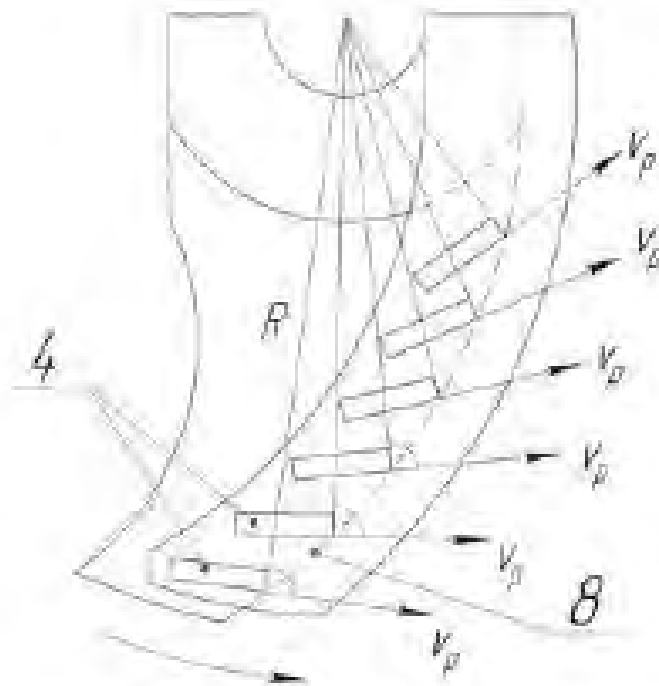
Фиг. 1  
A-A



Фиг. 2

UA 116037 C2

Б



напрямок обертання  
ножової голівки

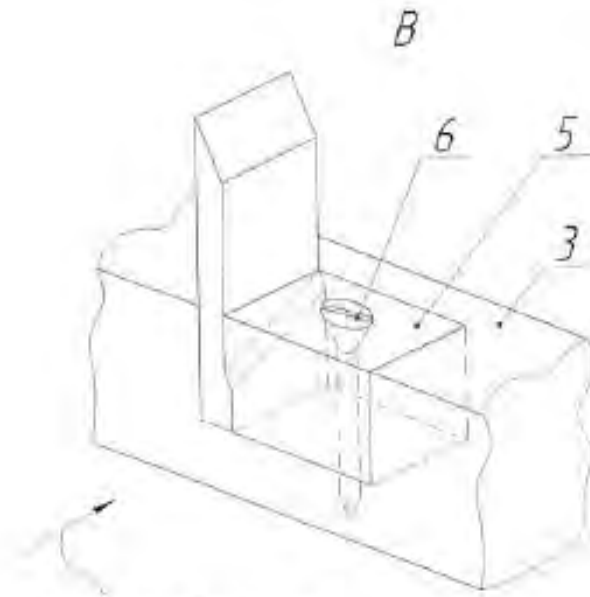
Фиг. 3



Напрямок підтягання  
леза при його встановленні  
в державці

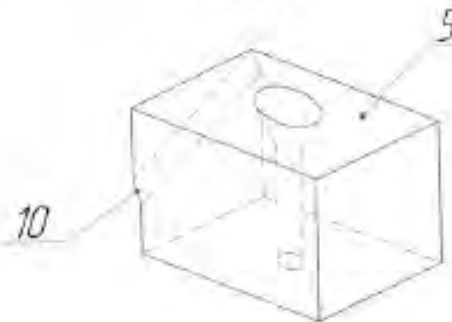
Фиг. 4

UA 116037 C2



*Напрямок підтискання  
леза при його встановленні  
в державці*

Фіг. 5



Фіг. 6

---

 Комп'ютерна верстка В. Мацело
 

---

 Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна
 

---

 ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601
 

---





УКРАЇНА

(19) UA (11) 116156 (13) C2

(51) МПК  
B02C 18/20 (2006.01)  
B02C 18/06 (2006.01)МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(21) Номер заявки: а 2016 02693	(72) Винахідник(и): Батраченко Олександр Вікторович (UA)
(22) Дата подання заявки: 18.03.2016	(73) Власник(и): Батраченко Олександр Вікторович, вул. Сумгайтська, 61, кв. 19, м. Черкаси, 18010 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 12.02.2018	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: Ивашов В.И. и др. Новые режущие устройства куттеров: Обзор. информ. - М: АгроНИИТЭИММП, 1986. UA 3463 U, 15.11.2004 SU 1369797 A1, 30.01.1988 UA 77850 U, 25.02.2013 DE 3136757 A1, 31.03.1983 US 5345848 A, 13.09.1994 US 4072277 A, 07.02.1978
(41) Публікація відомостей про заявку: 25.09.2017, Бюл.№ 18	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 12.02.2018, Бюл.№ 3	

## (54) НІЖ КУТЕРА

## (57) Реферат:

1. Галузь застосування: харчова промисловість.

2. Суть винаходу: Ніж кутера, який містить посадочну частину, корпус з боковими поверхнями і лезом, що має двосторонню заточку, причому та поверхня леза, вздовж якої рухається відрізаний шар сировини при кутеруванні, розташована під час кутерування переважно під кутом  $\alpha$  до площини обертання ножа, кут  $\alpha$  є оптимальним або близьким до оптимального для кутерування заданого виду продукту, кожна поверхня леза виконана у вигляді площини, криволінійної поверхні або їх поєднання, який відрізняється тим, що та поверхня леза, на яку тисне сировина внаслідок обертання чаші кутера при кутеруванні, заточена під кутом  $\beta$ , значення якого дорівнює або близьке до наступного:  $\beta = \arctg \frac{n_4 \cdot R_4}{n_n \cdot r_n}$ , де  $n_4$  - частота обертання

чаші кутера,  $n_n$  - частота обертання ножової головки кутера,  $R_4$  - максимальний радіус обертання сировини в чаші кутера,  $r_n$  - мінімальний радіус обертання точок леза ножа кутера; поверхня леза, вздовж якої рухається відрізаний шар сировини при кутеруванні, заточена під кутом  $\delta$  до тієї бокової поверхні ножа, яка розташована з боку сировини, що подається чашею при кутеруванні, або близьким до нього, причому значення кута  $\delta$  дорівнює:  $\delta = \alpha - \beta$ , значення ширини поверхні, яка заточена під кутом  $\beta$  або близьким до нього, знаходиться в межах 0,01÷7 мм.

3. Технічний результат: підвищення продуктивності кутера, зменшення енерговмності його роботи та нагріву фаршу при кутеруванні.

UA 116156 C2

Винахід належить до м'ясопереробної промисловості і може бути використаний для тонкого подрібнення м'ясної сировини при виробництві ковбас, сосисок, сардельок, паштетів.

Відомі ножі кутера, які мають лезо з односторонньою заточкою та корпус з двома паралельними боковими сторонами (Ивашов В.И. и др. Новые режущие устройства куттеров: Обзорн. информ. - М.: АгроНИИТЭИММП, 1986. - 40 с).

Відомий ніж кутера, який має несиметричну двосторонню заточку та потовщення зі скосом на нижній боковій стороні, причому скіс призначений для контакту із сировиною при роботі ножа з метою створення зусилля, яке б компенсувало згинаюче зусилля, що виникає внаслідок контакту сировини із заточкою (Kuttermesser und Messercoepf sowie Kutter mit Kuttermesser// европейский патент на винахід № EP 1994989 A2, кл. B02C18/20, 2008).

Недоліками таких ножів недостатня продуктивність кутера при їх використанні, підвищений нагрів фарш та підвищенні енерговитрати. Це обумовлено тим, що бокова поверхня ножа, на яку натікає сировина при її подачі чашею кутера, ковзає по цій сировині і внаслідок сил тертя та адгезії захоплює шари сировини і надає їм обертового руху, виводячи і викидаючи їх із зони подрібнення. При цьому виникають означені недоліки.

Відомі конструкції кутерів, в яких кожен ніж повернутий відносно площини обертання на кут, значення якого визначається як функція швидкості подачі сировини та швидкості різання (патенти України на корисну модель № 3463 та № 77850 кл. B02C18/00).

Недоліками означених конструкцій є погіршена різальна здатність ножів та неможливість отримання якісно подрібнених м'ясних фаршів та емульсій через те, що різальний крайок леза ножа повернутий відносно напрямку вектору сили різання, відтак сировина натікає не на різальний крайок леза (який має достатньо малий радіус закруглення, близько 9 мкм), а на поверхню заточки, також, внаслідок повороту ножа відносно площини обертання, значення кута різання між площиною обертання та поверхнею заточки леза стає завеликим в порівнянні з оптимальним значенням кута різання для виготовлення заданого виду продукту при кутеруванні.

Найбільш близьким до ножа кутера, що пропонується, є ніж кутера, який містить посадочну частину, корпус з боковими поверхнями і лезом, що має двосторонню заточку (Ивашов В.И. и др. Новые режущие устройства куттеров: Обзорн. информ. - М.: АгроНИИТЭИММП, 1986. - 40 с). Недоліки такого ножа аналогічні першим вище вказаним аналогам.

В основу винаходу поставлена задача отримання нового технічного результату. Технічним результатом є: підвищення продуктивності кутера, зменшення енергоємності його роботи та нагріву фаршу при кутеруванні.

Поставлена задача вирішується тим, що ніж кутера, який містить посадочну частину, корпус з боковими поверхнями і лезом, що має двосторонню заточку, відрізняється тим, що одна сторона леза заточена під кутом  $b$  до тієї бокової поверхні ножа, з якою дана сторона леза сполучена, а друга сторона леза заточена під кутом  $g$  до тієї бокової поверхні ножа, з якою дана сторона леза сполучена, при цьому величина кутів  $b$  і  $g$  визначається наступним співвідношеннями:  $b+g=\alpha$ , де  $\alpha=15-30^\circ$ ;  $g=0,5-3^\circ$ ; ширина сторони леза, яка заточена під кутом  $b$ , знаходиться в межах 0,01-7 мм.

Винахід пояснюється кресленнями, на яких зображено: на фіг. 1 - загальний вигляд ножа кутера за винаходом, що пропонується; на фіг. 2 - поперечний переріз ножа кутера та схема його взаємодії з сировиною під час кутерування.

Ніж кутера складається (фіг. 1, 2) з посадочної частини 1, корпусу 2 з боковими поверхнями 3 і 4 та лезом 5, яке має двосторонню заточку з поверхнями 6 і 7.

Поверхня леза 6, яка заточена під кутом  $b$  до тієї бокової поверхні ножа 3, з якою дана сторона леза сполучена, розташована під час кутерування під кутом  $\alpha$  до площини різання, саме ця поверхня виконує ударну дію на сировину, додатково подрібнюючи її.

Поверхня леза 7 заточена під кутом  $g=0,5-3^\circ$  до тієї бокової поверхні ножа 4, з якою дана сторона леза сполучена.

Величина кутів  $b$  і  $g$  визначається наступним співвідношеннями:  $b+g=\alpha$ , де  $\alpha=15-30^\circ$  - це кут, який є оптимальним або близьким до оптимального для кутерування заданого виду продукту (як відомо, для фаршів різних видів ковбас необхідно використовувати ножі, що мають різні кути заточування, значення кутів заточування обирається виробником ножів).

Значення ширини поверхні 7, яка заточена під кутом  $b$ , знаходиться в межах 0,01-7 мм.

Ніж, за винаходом, що пропонується, може бути виготовлений наступним чином. З листової заготовки вирізається по контуру корпус ножа (лазерним різання, плазмовим різання, фрезеруванням або ін.) та, за необхідності, підлягає іншим методам обробки (шліфуванню, загартуванню тощо). Після цього проводиться заточування леза з одного боку під кутом  $b$  (як і відомих конструкцій ножів). Після цього виконується заточування іншої сторони леза під кутом  $g$ ,

## UA 116156 C2

ширина цієї сторони витримується в межах 0,01-7 мм. Потім може бути проведена фінішна обробка ножа (полірування тощо) за загальноприйнятою для кутерних ножів технологією.

5 Завдяки виконанню ножа кутера за винаходом, що пропонується, при кутеруванні сировина розрізається саме краєм леза, чим забезпечується висока якість різання та високий ступінь подрібнення сировини.

Завдяки розташуванню бокової поверхні 4 під кутом  $b$  до площини обертання ножа контакт ножа з сировиною, яка подається чашею кутера істотно мінімізовано, через що зменшено сили адгезії та тертя, які діють з боку ножа на сировину.

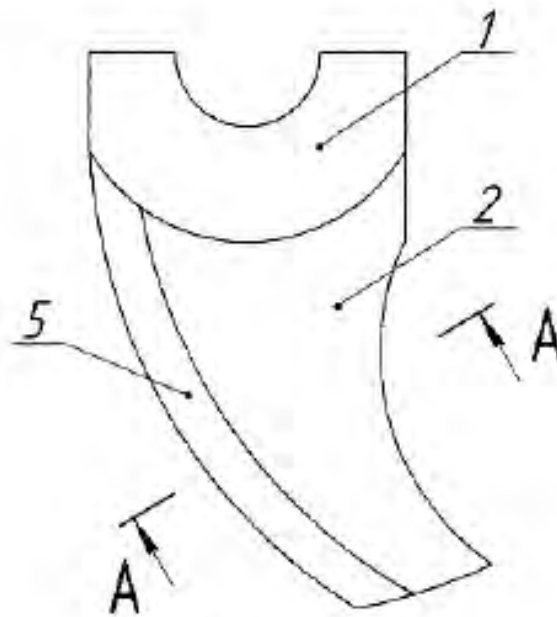
10 При цьому сировина не захоплюється боковою поверхнею 4 ножа та не підкидається угору і не викидається із зони різання.

Це призводить до збільшення кількості сировини в зоні різання та, відповідно, до підвищення продуктивності кутера.

15 Також зменшується нагрів сировини внаслідок тертя ножа та витрати енергії на рух ножа в зоні різання.

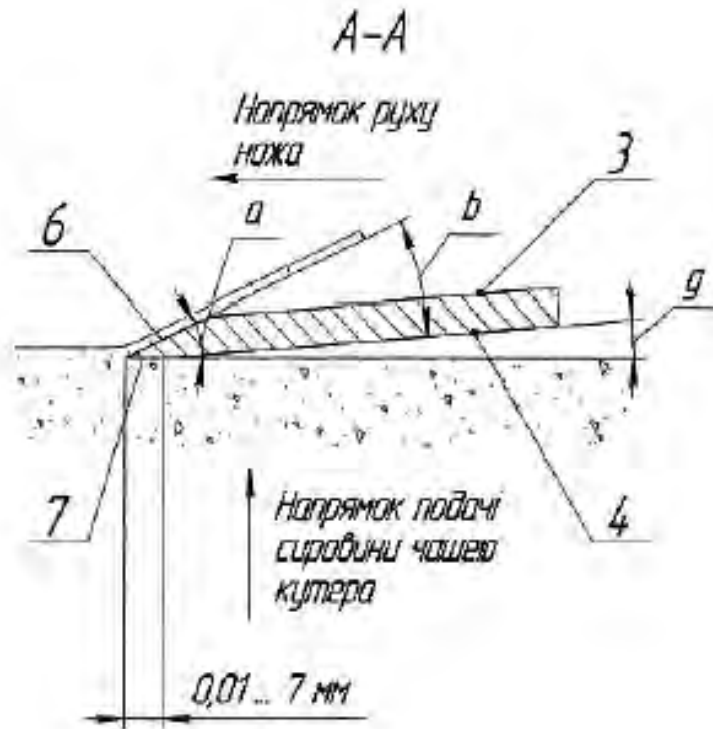
## ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

20 Ніж кутера, який містить посадочну частину, корпус з боковими поверхнями і лезом, що має двосторонню заточку, який відрізняється тим, що одна сторона леза заточена під кутом  $b$  до тієї бокової поверхні ножа, з якою дана сторона леза сполучена, а друга сторона леза заточена під кутом  $d$  до тієї бокової поверхні ножа, з якою дана сторона леза сполучена, при цьому величина кутів  $b$  і  $d$  визначається виразом:  $b+d=\alpha$ , де кут  $\alpha$  є оптимальним для кутерування заданого виду продукту, а ширина сторони леза, яка заточена під кутом  $b$ , знаходиться в межах 0,01-7 мм.



Фіг. 1

UA 116156 C2



Фиг. 2

Комп'ютерна верстка Л. Цихановська

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ - 42, 01601



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **118301** (13) **C2**(51) МПК  
B02C 18/06 (2006.01)  
B02C 18/20 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД**

(21) Номер заявки: а 2017 02444	(72) Винахідник(и): Батраченко Олександр Вікторович (UA), Філімонова Надія Вікторівна (UA)
(22) Дата подання заявки: 16.03.2017	(73) Власник(и): Батраченко Олександр Вікторович, вул. Сумгайтська, 61, кв. 19, м. Черкаси, 18000 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 26.12.2018	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: DE 102014012065 A1, 21.01.2016 SU 1794484 A1, 15.02.1993 RU 2157734 C1, 20.10.2000 BY 11597 C1, 28.02.2009 FR 2447704 A1, 29.08.1980
(41) Публікація відомостей про заявку: 25.09.2018, Бюл.№ 18	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 26.12.2018, Бюл.№ 24	

**(54) НДЖ КУТЕРА****(57) Реферат:**

1. Галузь застосування: харчова промисловість.
2. Суть винаходу: ніж кутера, містить корпус, щонайменше одне змінне лезо та щонайменше один кріпильний елемент з пружинним елементом, додатково обладнаний щонайменше однією накладкою, кожне змінне лезо має щонайменше один наскрізний отвір, на кожному змінному лезі наявні поздовжні виступи, які виконані переважно з однаковим кроком, на корпусі наявні поздовжні пази, які виконані переважно з тим же кроком, що і поздовжні виступи на змінному лезі, змінне лезо встановлюється на корпус таким чином, що поздовжні виступи леза входять у поздовжні пази корпусу, змінне лезо розташовано під кутом  $\alpha$  до площини обертання ножа, значення кута  $\alpha$  вибирається таким, щоб забезпечити належні умови різання сировини, яка подрібнюється в кутері, змінне лезо фіксується до корпусу за допомогою накладки, яка встановлюється поверх леза, кріпильних елементів з пружинними елементами, кожен кріпильний елемент проходить крізь відповідний наскрізний отвір у змінному лезі, накладка має подрібнювальну поверхню, яка примикає до змінного леза, подрібнювальна поверхня розташована під кутом  $\beta$  до площини обертання ножа, причому  $\beta > \alpha$ , змінне лезо в робочому положенні розташовується на корпусі таким чином, при якому різальна кромка змінного леза знаходиться нижче нижньої поверхні корпусу.
3. Технічний результат: зменшення експлуатаційних витрат.

UA 118301 C2

## UA 118301 C2

Винахід належить до м'ясопереробної промисловості і може бути використаний для тонкого подрібнення м'ясної сировини при виробництві ковбас, сосисок, сардельок, паштетів.

Відомі ножі кутера, які містять різальну кромку, що виконана у вигляді кривої другого порядку, ламаної лінії або їх комбінацій (Івашов В.І. и др. Новые режущие устройства куттеров: Обзорн. информ. - М.: АгроНИИТЭИММП, 1986. - 40 с).

Відомий перфорований ніж кутера, який містить отвори перфорації, які розташовані на периферійній частині ножа, що дозволяє підвищити ефективність емульгування фаршу та міцність ножа [патент України на винахід № 66843 кл. В02С 18/20, 2012].

Відомий ніж кутера, серповидне лезо якого виконане таким, що складається з окремих пластин однакової товщини, пластини скріплюються потайними заклепками, конструкція дозволяє підвищити довговічність та ремонтпридатність ножа [патент Росії на винахід № 2157734 кл. В02С 18/20].

Найбільш близьким до ножа кутера, що пропонується, є ніж кутера, який містить кільцевий корпус, змінні леза та кріпильні елементи з пружинними елементами [Vorrichtung zum Fixieren und Ausrichten von Kuttermessern für ein System zur Feinzerkleinerung // патент ФРН на винахід № DE 10 2014 012 065A1, кл. В02С 18/08, 2016], його і оберемо в якості прототипу.

Відомі конструкції ножів кутера не мають змінних лез малої металозмності. Це призводить до суттєвого завищення витрат на купівлю різального інструменту під час експлуатації кутерів. Також для загострення відомих ножів кутера необхідно використовувати спеціальні заточувальні верстати, оскільки переагострення відбувається по передній поверхні леза. У відомих ножах кутера неможливо одночасно забезпечити вимоги мінімізації кута загострення леза для якісного подрібнення сполучної тканини м'яса та збільшення кута загострення леза для більш швидкого та ефективного подрібнення м'язової тканини м'яса при виготовленні безструктурних фаршів.

В основу винаходу поставлена задача отримання нового технічного результату. Технічним результатом є: зменшення експлуатаційних витрат, спрощення процесу загострення ножа, підвищення ефективності подрібнення сировини.

Ніж кутера, який містить корпус, щонайменше одне змінне лезо та щонайменше один кріпильний елемент з пружинним елементом, відрізняється тим, що додатково обладнаний щонайменше однією накладкою, кожне змінне лезо має щонайменше один наскрізний отвір, на кожному змінному лезі наявні поздовжні виступи, які виконані переважно з однаковим кроком, на корпусі наявні поздовжні пази, які виконані переважно з тим же кроком, що і поздовжні виступи на змінному лезі, змінне лезо встановлюється на корпус таким чином, що поздовжні виступи леза входять у поздовжні пази корпусу, змінне лезо розташовано під кутом  $\alpha$  до площини обертання ножа, значення кута  $\alpha$  вибирається таким, щоб забезпечити належні умови різання сировини, яка подрібнюється в кутері, змінне лезо фіксується до корпусу за допомогою накладки, яка встановлюється поверх леза, кріпильних елементів з пружинними елементами, кожен кріпильний елемент проходить крізь відповідний наскрізний отвір у змінному лезі, накладка має подрібнювальну поверхню, яка примикає до змінного леза, подрібнювальна поверхня розташована під кутом  $\beta$  до площини обертання ножа, причому  $\beta > \alpha$ , змінне лезо в робочому положенні розташовується на корпусі таким чином, при якому різальна кромка змінного леза знаходиться нижче нижньої поверхні корпусу.

Винахід пояснюється кресленнями, на яких зображено: на Фіг. 1 - загальний вигляд ножа кутера; на Фіг. 2 - поперечний ніж кутера.

Ніж кутера містить корпус 1, щонайменше одне змінне лезо 2 та щонайменше один кріпильний елемент 3 з пружинним елементом 4. Ніж має щонайменше одну накладку 5, а кожне змінне лезо 2 має щонайменше один наскрізний отвір 6. На кожному змінному лезі 2 наявні поздовжні виступи 7, які виконані переважно з однаковим кроком. На корпусі 1 наявні поздовжні пази 8, які виконані переважно з тим же кроком, що і поздовжні виступи 7 на змінному лезі 2. Змінне лезо 2 встановлюється на корпус 1 таким чином, що поздовжні виступи 7 леза входять у поздовжні пази 8 корпусу. Змінне лезо 2 розташовано під кутом  $\alpha$  до площини обертання ножа, при цьому значення кута  $\alpha$  вибирається таким, щоб забезпечити належні умови різання сировини, яка подрібнюється в кутері. Змінне лезо 2 фіксується до корпусу 1 за допомогою накладки 5, яка встановлюється поверх леза 2 і кріпильних елементів 3 з пружинними елементами 4. Кожний кріпильний елемент 3 проходить крізь відповідний наскрізний отвір 6 у змінному лезі 2. Накладка 5 має подрібнювальну поверхню 9, яка примикає до змінного леза 2, подрібнювальна поверхня 9 розташована під кутом  $\beta$  до площини обертання ножа, причому  $\beta > \alpha$ . Змінне лезо 2 в робочому положенні розташовується на корпусі 1 таким чином, при якому різальна кромка 10 змінного леза 2 знаходиться нижче нижньої поверхні корпусу 1.

## UA 118301 C2

Ніж кутера працює наступним чином. При обертанні ножової головки кутера (не показано) сировина, яка знаходиться в чаші кутера (не показано), подрібнюється ножами. Після проміжку часу, тривалість якого визначається технологічними вимогами, чаша та ножовий вал кутера зупиняються, процес подрібнення сировини закінчено.

5 Виконання ножа кутера за винаходом, що пропонується, дозволяє суттєво зменшити експлуатаційні витрати на купівлю ножів. Це відбувається завдяки наявності змінних лез 2. Ле́за 2 виконані малої металомності, що зумовлює низьку їх собівартість. Кріплення лез 2 за допомогою виступів 7, па́зів 8, кріпильних елементів 3 і накладки 5 дозволяє зробити вузол кріплення леза компактним.

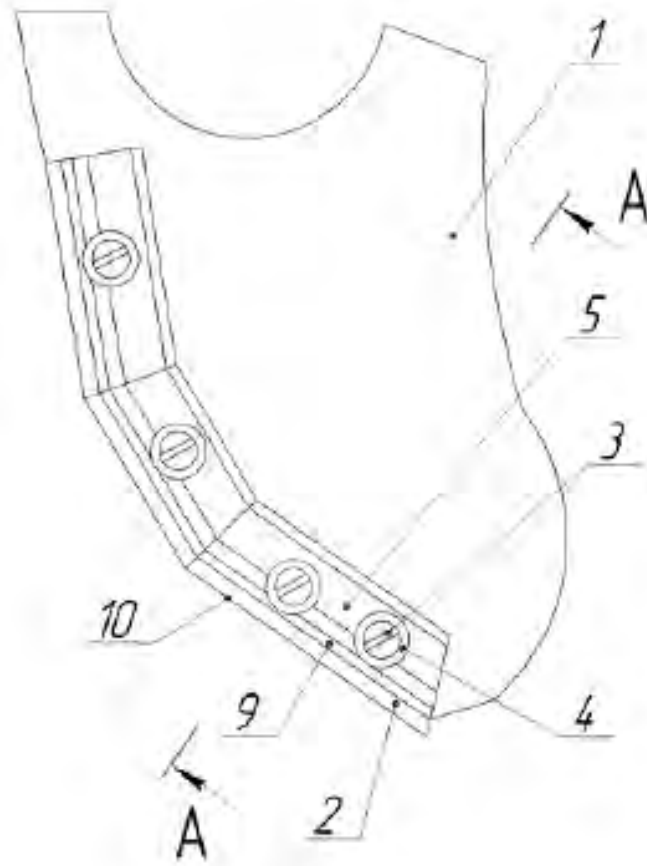
10 Розташування різальної кромки 10 змінного леза 2 нижче нижньої поверхні корпусу 1 дозволяє проводити перезагострювання лез на плоскошліфувальних верстатах, що суттєво спрощує за здешевлює експлуатацію ножів кутера.

15 Використання ножа кутера за винаходом, що пропонується, дозволяє покращити якість варених ковбас, оскільки сполучна тканина м'яса подрібнюється лезом, розташованим під кутом  $\alpha$  до напрямку обертання, а м'язова тканина м'яса подрібнюється подрібнювальною поверхнею 9 накладки 5, яка розташована під збільшеним кутом  $\beta$ , що позитивно відбивається на якості безструктурних м'ясних фаршів (для варених ковбас, сосисок тощо).

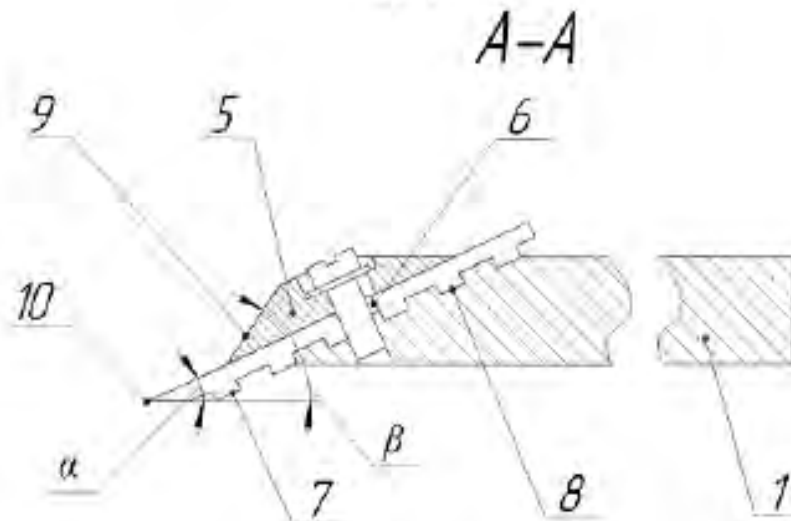
## ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

20 Ніж кутера, що містить корпус, щонайменше одне змінне лезо та щонайменше один кріпильний елемент з пружинним елементом, який відрізняється тим, що додатково включає щонайменше одну накладку, встановлену поверх леза для закріплення його на корпусі, із подрібнювальною поверхнею, суміжною із лезом та розташованою під кутом  $\beta$  до площини обертання ножа, лезо  
25 розташовано під кутом  $\alpha$  до площини обертання ножа, де кут  $\alpha$  є оптимальним для кутерування заданого виду продукту, при цьому  $\beta > \alpha$ , в лезі виконаний щонайменше один наскрізний отвір для фіксації його на корпусі за допомогою кріпильного елемента та поздовжні виступи з однаковим кроком, при цьому в корпусі виконані поздовжні пази, з таким саме кроком, для з'єднання леза із корпусом, при цьому різальна кромка леза розташована нижче поверхні  
30 корпусу.

UA 118301 C2



Фіг. 1



Фіг. 2

Комп'ютерна верстка М. Мацело

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601





УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **119785** (13) **C2**

(51) МПК

B02C 18/16 (2006.01)

B02C 18/18 (2006.01)

B02C 18/20 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД**

<p>(21) Номер заявки: а 2017 02435</p> <p>(22) Дата подання заявки: 16.03.2017</p> <p>(24) Дата, з якої в чинними права на винахід: 12.08.2019</p> <p>(41) Публікація відомостей про заявку: 25.09.2018, Бюл.№ 18</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 12.08.2019, Бюл.№ 15</p>	<p>(72) Винахідник(и): Батраченко Олександр Вікторович (UA), Філімонова Надія Вікторівна (UA), Філімонов Сергій Олександрович (UA)</p> <p>(73) Власник(и): Батраченко Олександр Вікторович, вул. Сумгайтська, 61, кв. 19, м. Черкаси, 18000 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: SU 1776200 A3, 15.11.1992 UA 68843 U, 25.01.2012 US 5345848 A, 13.09.1994 US 5998917 A, 07.12.1999 DE 3136757 A1, 31.03.1983</p>
--	--

**(54) НОЖОВА ГОЛОВКА КУТЕРА****(57) Реферат:**

1. Галузь застосування: харчова промисловість.
2. Суть винаходу: використання ножової головки кутера дозволяє використовувати в кутері для виготовлення різних фаршів тільки один тип ножів (для сирокочених ковбас). В результаті досягається відсутність необхідності купувати час від часу ножі з лезами малої кривизни, що зменшує витрати на експлуатацію ножової головки кутера.
3. Технічний результат: розширення технологічних можливостей ножової головки кутера та зменшення витрат на її експлуатацію.

UA 119785 C2

## UA 119785 C2

Винахід належить до м'ясопереробної промисловості і може бути використаний для тонкого подрібнення м'ясної сировини при виробництві ковбас, сосисок, сардельок, паштетів.

Відомий перфорований ніж кутера, який містить отвори перфорації, які розташовані на периферійній частині ножа, що дозволяє підвищити ефективність емульгування фаршу та міцність ножа (патент України на винахід № 66843 кл. B02C 18/20, 2012). Відомий ніж кутера, який на бокових поверхнях має наскрізні отвори перфорації, що призначені для підвищення емульгуючої здатності ножа (Bowl cutter knife // патент США на винахід № US 5996917, кл. B02C 18/16, 1997). Відомий ніж кутера, який на бокових поверхнях має наскрізні отвори перфорації (Einrichtung zur verringern des umlaufens von rihstoffen mittels bremsflächen und antihafbeschichtung an kuttermessern // патент ФРН на винахід № DE 10141712C1, кл. B02C 18/20, 2003). Як найближчий аналог ножової головки кутера за винаходом, що пропонується, вибрано ножову головку кутера, яка містить яка містить щонайменше одну планшайбу, на якій встановлено щонайменше один ніж (а. с. СРСР № 1776200, кл. B02C 18/06, 1988).

Відомі конструкції ножових головок кутера не дозволяють забезпечити можливість використання одного типу ножів для виготовлення фаршів варених та сирокочених ковбас. Це призводить до необхідності виробникам придбати різні типи ножів (для варених та для сирокочених ковбас), що суттєво збільшує витрати на експлуатацію ножових головок кутера.

В основу винаходу поставлена задача отримання нового технічного результату. Технічним результатом є: розширення технологічних можливостей ножової головки кутера та зменшення витрат на її експлуатацію.

Ножова головка кутера, яка містить щонайменше одну планшайбу, на якій встановлено щонайменше один ніж, відрізняється тим, що додатково оснащена щонайменше одним подрібнювальним пристроєм, який складається з корпусу, напрямної з гвинтом і пружинною шайбою, щонайменше одного упору з гвинтом і пружинною шайбою, корпус має посадочну поверхню, робочу поверхню, утримуючу поверхню, подрібнювальну поверхню та нижню поверхню, утримуюча поверхня сполучає робочу поверхню з подрібнювальною поверхнею, напрямна закріплюється в планшайбі, в зоні посадочної поверхні корпусу наявний отвір, крізь який проходить напрямна, корпус встановлюється на планшайбі, гвинт з пружинною шайбою встановлюється в корпусі так, що однією стороною він контактує з напрямною, корпус розташовується так, що його нижня поверхня контактує з верхньою поверхнею ножа кутера, а подрібнювальна поверхня примикає до поверхні заточки ножа кутера, в зоні робочої поверхні корпусу наявний щонайменше один наскрізний отвір, крізь який проходить упор, при цьому упор кріпиться до корпусу за допомогою гвинта з пружинною шайбою і підтискає ніж кутера в напрямку подрібнювальної поверхні корпусу, подрібнювальна поверхня виконана таким чином, що вона розташована під кутом  $\alpha$  до площини обертання ножа, при цьому значення кута  $\alpha$  лежить в межах  $\alpha=20^\circ \dots 90^\circ$ . Утримуюча поверхня сполучає подрібнювальну поверхню з робочою поверхнею корпусу, при цьому утримуюча поверхня розташована під кутом  $\beta$  до площини обертання ножа, значення кута  $\beta$  менше за значення кута  $\alpha$  ( $\beta < \alpha$ ).

Винахід пояснюється кресленнями, на яких зображено: на фіг. 1 - загальний вигляд ножової головки кутера; на фіг. 2 - поперечний переріз ножової головки кутера.

Ножова головка кутера (фіг. 1, 2) містить щонайменше одну планшайбу 1, на якій встановлено щонайменше один ніж 2. Також на планшайбі 1 встановлено щонайменше один подрібнювальний пристрій 3, який складається з корпусу 4, напрямної 5, гвинта 6 з пружинною шайбою 7, щонайменше одного упору 8 з гвинтом 9 та пружинною шайбою 10. Корпус 4 має посадочну поверхню 11, робочу поверхню 12, утримуючу поверхню 13, подрібнювальну поверхню 14 та нижню поверхню 15.

Напрямна 4 закріплюється в планшайбі 1. В зоні посадочної поверхні 11 корпусу 4 наявний отвір 16, крізь який проходить напрямна 5. Корпус 4 встановлюється на планшайбі 1.

Гвинт 6 з пружинною шайбою 7 встановлюється в корпусі 4 так, що однією стороною він контактує з напрямною 5. Корпус 4 розташовується так, що його нижня поверхня 15 контактує з верхньою поверхнею 17 ножа кутера 2, а подрібнювальна поверхня 14 примикає до поверхні заточки 18 ножа кутера. В зоні робочої поверхні 12 корпусу 4 наявний щонайменше один наскрізний отвір 19, крізь який проходить упор 8, при цьому упор 8 кріпиться до корпусу 4 за допомогою гвинта 9 з пружинною шайбою 10 і підтискає ніж кутера 2 в напрямку подрібнювальної поверхні 14 корпусу 4.

Подрібнювальна поверхня 14 виконана таким чином, що вона розташована під кутом  $\alpha$  до площини обертання ножа 2, при цьому значення кута  $\alpha$  лежить в межах  $\alpha=20^\circ \dots 90^\circ$ . Утримуюча поверхня 13 сполучає подрібнювальну поверхню 14 з робочою поверхнею 12 корпусу, при цьому утримуюча поверхня 13 розташована під кутом  $\beta$  до площини обертання ножа, значення кута  $\beta$  менше за значення кута  $\alpha$  ( $\beta < \alpha$ ).

## UA 119785 C2

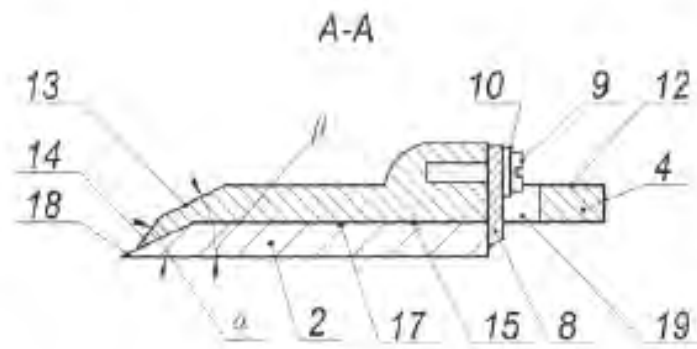
- Ножова головка кутера працює наступним чином. При обертанні ножової головки кутера сировина, яка знаходиться в чаші кутера (не показано), подрібнюється ножами. Після проміжку часу, тривалість якого визначається технологічними вимогами, чаша та ножова головка кутера зупиняються, процес подрібнення сировини закінчено.
- 5 Використання ножової головки кутера за винаходом, що пропонується призводить до наступного. При подрібненні фаршів сирокочених ковбас застосовуються ножі з лезами, що мають велику кривизну. Це необхідно для мінімізації кінематичного кута різання з метою підвищення різальної здатності ножа (оскільки твердий заморожений фарш сирокочених ковбас подрібнюється на невеликій швидкості обертання ножів шляхом саме різання). А при подрібненні фаршів варених ковбас, сосисок і т. п. застосовують ножі з лезами малої кривизни, що необхідно для збільшення кінематичного кута різання, оскільки такий фарш подрібнюється переважно диспергуванням м'язової тканини м'яса. Конструкція ножової головки кутера за винаходом, що пропонується, дозволяє використовувати ніж з лезом великої кривизни для подрібнення фаршів варених ковбас і тому подібних ковбасних виробів (так званих безструктурних). Розрізання сполучної тканини м'яса здійснюється в такому разі різальною кромкою ножа, а диспергування м'язової тканини м'яса - подрібнювальною поверхнею 14. Кожна подрібнювальна поверхня 14 розташована до площини обертання відповідного ножа під кутом  $\alpha=20^{\circ}\dots 90^{\circ}$ , який є більшим за кут загострення лез ножів кутера, чим досягається ефект використання ножів з лезом малої кривизни.
- 20 Загалом, використання ножової головки кутера за винаходом, що пропонується, дозволяє використовувати в кутері для виготовлення різних фаршів тільки один тип ножів (для сирокочених ковбас). В результаті досягається відсутність необхідності купувати час від часу ножі з лезами малої кривизни, що зменшує витрати на експлуатацію ножової головки кутера.

## 25 ФОРМУЛА ВІНАХОДУ

- Ножова головка кутера, що містить щонайменше одну планшайбу з ножом, яка відрізняється тим, що додатково містить щонайменше один подрібнювальний пристрій, встановлений на планшайбі, з подрібнювальною поверхнею, що примикає до леза ножа кутера і розташована під кутом  $\alpha$  до площини обертання ножа, та утримуючою поверхнею, розташованою під кутом  $\beta$  до площини обертання ножа, причому значення кута  $\alpha$  більше за значення кута  $\beta$ .
- 30



UA 119785 C2



Фиг. 2

Комп'ютерна верстка Л. Бурлак

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ - 42, 01601



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **120070** (13) **C2**  
 (51) МПК  
 B02C 18/18 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ  
 ЕКОНОМІКИ, ТОРГІВЛІ ТА  
 СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА  
 УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД**

(21) Номер заявки:	а 2017 09864	(72) Винахідник(и):	Батраченко Олександр Вікторович (UA)
(22) Дата подання заявки:	11.10.2017	(73) Власник(и):	Батраченко Олександр Вікторович, вул. Сумгайтська, 61, кв. 19, м. Черкаси, 18000 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	25.09.2019	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	DE 873050 C, 09.04.1953 UA 50888 U, 25.06.2010 RU 11105 U1, 16.09.1999 BY 7292 C1, 30.09.2005 US 4072277 A, 07.02.1978
(41) Публікація відомостей про заявку:	25.04.2019, Бюл.№ 8		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	25.09.2019, Бюл.№ 18		

**(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ПОДРІБНЮВАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ КУТЕРА****(57) Реферат:**

1. Галузь застосування: харчова промисловість.
2. Суть винаходу: пристрій для підвищення подрібнювальної здатності кутера, який містить щонайменше один ніж, що не встановлений на ножовому валу кутера, який відрізняється тим, що кожен такий ніж розміщений після оберткової ножової головки кутера по напрямку обертання чаші кутера переважно перпендикулярно до заточуваних поверхонь лез ножів оберткової ножової головки при їх русі в чаші кутера, пристрій додатково обладнаний щонайменше одним тримачем, корпусом, передаточним механізмом та приводом, при цьому кожен ніж закріплений в корпусі за допомогою тримача з можливістю обертання навколо вертикальної осі, обертання кожного ножа здійснюється під дією приводу за допомогою передаточного механізму, робота приводу керується системою керування кутера.
3. Технічний результат: підвищення продуктивності кутера, зменшення його енергоспоживання, зменшення нагріву фаршу.

UA 120070 C2

UA 120070 C2

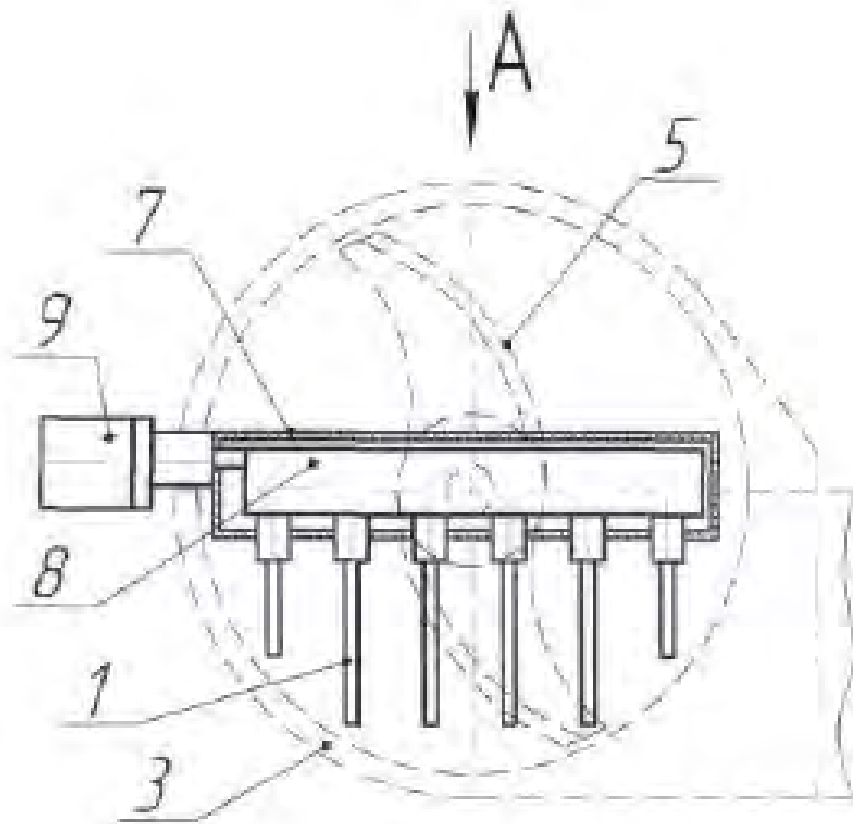


Fig. 1

Винахід належить до м'ясопереробної промисловості і може бути використаний для тонкого подрібнення м'ясної сировини при виробництві ковбас, сосисок, сардельок, паштетів.

Відомий кутер, який обладнаний насадкою, що розташована таким чином, що її робоча поверхня є поверхнею, на якій розрізається сировина від початку входу ножів у сировину до найнижчої точки робочої поверхні чаші [патент України на винахід № 50688 кл. В02С 18/00, 2010]. Відомий кутер, який містить станину, ножовий вал, ножі, камеру для підводу рідини [патент Російської Федерації на винахід № 2054874 кл. В02С 18/30]. Відомий кутер марки Kilia, який містить насосну станцію для живлення підшипників ножового вала та лабиринтного ущільнення густим консистентним мастилом [Messerwellensystem. Gebrauchsmuster DE 29700480U1, В02С18/08, 1997].

Недоліками відомих конструкцій кутера є занадто велике енергоспоживання, недостатня продуктивність, а також підвищений нагрів фаршу. Це обумовлено тим, що обертові ножі при подрібненні сировини відкидають її з великою швидкістю. Сировина минає ножову головку без належного подрібнення та вдаряється об стінку чаші та кришку чаші кутера. На цей процес витрачається велика кількість механічної енергії, яка перетворюється в тепло при гальмуванні фаршу о вказані елементи.

Відомий кутер, який містить нерухомі ножі, що встановлені біля площин обертання ножів ножової головки, нерухомі ножі призначені для підвищення подрібнювальної здатності кутера за рахунок подрібнення сировини при її відкиданні обертовими ножами на нерухомі ножі [Fleischkutter // патент ФРН на винахід № 873050, 1953]. Недоліком даного кутера є вкрай недостатня ефективність роботи нерухомих ножів. Це спричинено тим, що вони (згідно з сучасними уявленнями про гідродинаміку сировини в кутері) встановлені не по переважному напрямку відкидання сировини обертовими ножами ножової головки (в напрямку обертання чаші кутера), а в площині обертання ножів ножової головки. Корисне використання кінетичної енергії рухомих шарів сировини дозволить підвищити продуктивність кутера, зменшити його енергоспоживання, а також зменшити нагрів фаршу.

В основу винаходу поставлена задача отримання нового технічного результату. Технічним результатом є: підвищення продуктивності кутера, зменшення його енергоспоживання, зменшення нагріву фаршу.

Вирішення поставленої задачі полягає в тому, що пристрій для підвищення подрібнювальної здатності кутера, який містить щонайменше один ніж, що не встановлений на ножовому валу кутера, відрізняється тим, що кожен такий ніж розміщений після обертової ножової головки кутера по напрямку обертання чаші кутера переважно перпендикулярно до замочуваних поверхонь лез ножів обертової ножової головки при їх русі в чаші кутера, пристрій додатково обладнаний щонайменше одним тримачем, корпусом, передаточним механізмом та приводом, при цьому кожен ніж закріплений в корпусі за допомогою тримача з можливістю обертання навколо вертикальної осі, обертання кожного ножа здійснюється під дією приводу за допомогою передаточного механізму, робота приводу керується системою керування кутера.

Винахід пояснюється кресленнями, на яких зображено: на фіг. 1 - загальний вигляд пристрою для підвищення подрібнювальної здатності кутера (вигляд спереду); на фіг. 2 - пристрій для підвищення подрібнювальної здатності кутера (вигляд зверху); на фіг. 3 - загальний вигляд ножа пристрою для підвищення подрібнювальної здатності кутера; на фіг. 4 - положення ножів пристрою для підвищення подрібнювальної здатності кутера при різанні сировини; на фіг. 5 - положення ножів пристрою для підвищення подрібнювальної здатності кутера при диспергуванні сировини; на фіг. 6 - положення ножів пристрою для підвищення подрібнювальної здатності кутера при обертанні чаші кутера без обертання ножів ножової головки.

Пристрій для підвищення подрібнювальної здатності кутера (фіг. 1-6) складається зі щонайменше одного ножа 1, який розміщений після обертової ножової головки 2 кутера по напрямку обертання чаші 3 кутера. Кожен ніж 1 розташований переважно перпендикулярно до заточуваних поверхонь 4 лез ножів 5 обертової ножової головки 2 при їх русі в чаші кутера 3. Пристрій додатково обладнаний щонайменше одним тримачем 6, корпусом 7, передаточним механізмом 8 та приводом 9. При цьому кожен ніж 1 закріплений в корпусі 7 за допомогою тримача 6 з можливістю обертання навколо вертикальної осі. Обертання кожного ножа 1 здійснюється під дією приводу 9 за допомогою передаточного механізму 8. Робота приводу 9 керується системою керування кутера.

Пристрій для підвищення подрібнювальної здатності кутера працює наступним чином. При обертанні ножової головки кутера сировина подрібнюється. При цьому ножі ножової головки інтенсивно відкидають відрізані пласти сировини в напрямку, наближеному до перпендикуляра до поверхонь заточок ножів (фіг. 4), тобто - вперед і у бік чаші по напрямку її обертання

## UA 120070 C2

[Хаммер Г., Стоянов С. Участие второго ножа куттера в измельчении фарша // Мясные технологии, № 7, 2010. - С.42-46].

Відрізані пласти сировини настовкуються на ножі 1 пристрою для підвищення подрібнювальної здатності кутера і за рахунок своєї високої кінетичної енергії подрібнюються на лезах ножів 1 (швидкість руху пластів сировини наближена до лінійної швидкості руху точок ножа, 100-160 м/с). Цим самим забезпечується додаткове інтенсивне подрібнення сировини без використання надлишкової енергії і шкідливого надлишкового нагріву, що призводить до підвищення продуктивності кутера при одночасному зменшенні його енергоспоживання та підвищення якості обробки сировини. Після подрібнення на ножах 1 сировина чашею кутера знову подається в ножову головку і цикл повторюється.

Виконання ножів 1 поворотними дозволяє адаптувати режими роботи пристрою для підвищення подрібнювальної здатності кутера при виготовленні фаршів різних видів ковбасних виробів, а також в межах одного циклу при початку подрібнення кускової м'ясної сировини та при фінішному емульгуванні безструктурних фаршів.

Так при подрібненні фарші сирокочених ковбас тощо, а також при початку кутерування кускової м'ясної сировини ножі 1 розташовуються по напрямку польоту пластів сировини (фіг. 4). При цьому забезпечується подрібнення сировини шляхом її розрізання різальними окрайками ножів 1. При подрібненні ж фаршів безструктурних ковбасних виробів (варених ковбас, сосисок, сардельок тощо), особливо наприкінці циклу кутерування (при емульгуванні фаршу) ножі 1 розташовуються під кутом до напрямку польоту пластів сировини (фіг. 5), що сприяє подрібненню сировини шляхом диспергування при ударі. При обертанні чаші кутера без обертання ножів ножової головки ножі 1 пристрою для підвищення подрібнювальної здатності кутера розташовуються по напрямку обертання чаші кутера (фіг. 6).

Передаточний механізм 8 може бути виконаний у вигляді зубчастої рейки, яка обертає шестерні тримачів 4, або у вигляді черв'ячного вала, який обертає черв'ячні колеса тримачів 4, або у вигляді привідної тяги та системи поворотних важелів, які повертають тримачі 4 тощо. Привод 9 може бути виконаний у вигляді крокового електродвигуна з редуктором або без, у вигляді гідро- або пневмоциліндра тощо.

### 30 ФОРМУЛА ВІНАХОДУ

Кутер, який містить ножовий вал, обертову ножову головку з ножами, закріпленими на ній, чашу, корпус, приєднаний до чаші, щонайменше один додатковий ніж, закріплений у корпусі, та блок керування, який відрізняється тим, що додатково містить привід з передаточним механізмом, а кожен додатковий ніж закріплений в корпусі за допомогою тримача з можливістю обертання навколо вертикальної осі під дією приводу за допомогою передаточного механізму, при цьому додатковий ніж розташований всередині чаші кутера під кутом 15-30° до осі ножового вала, а його лезо направлене в бік центра чаші.



UA 120070 C2

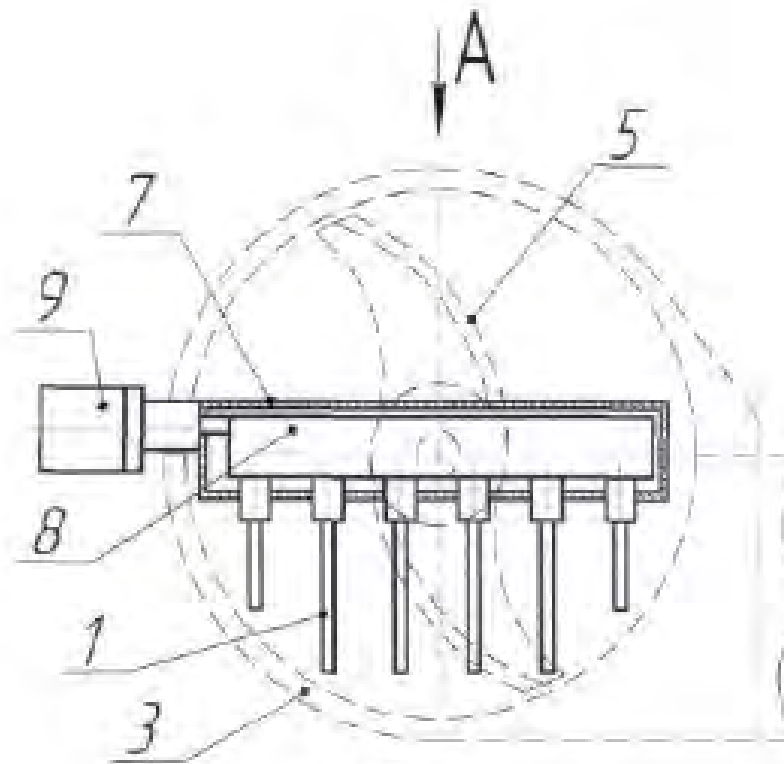


Fig. 1

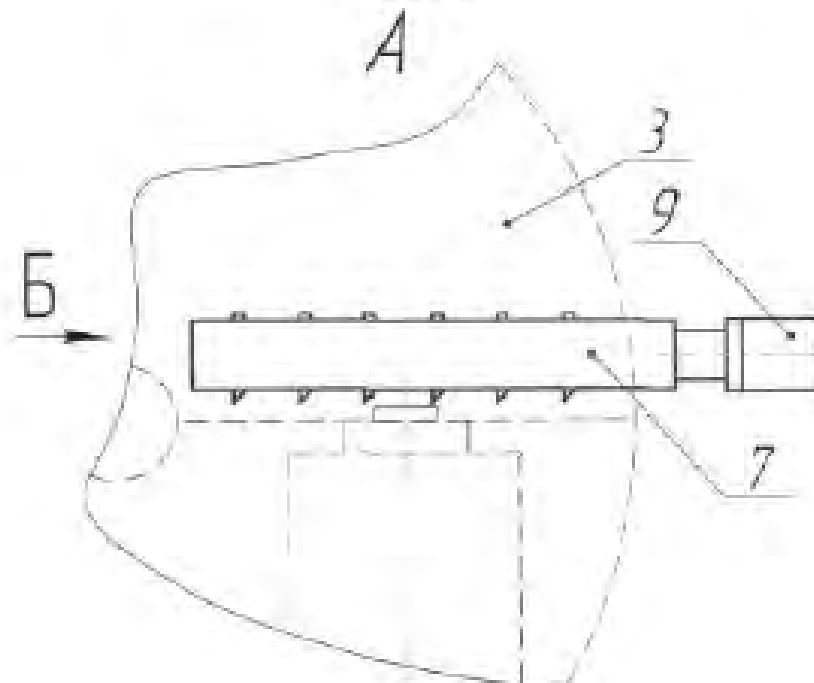
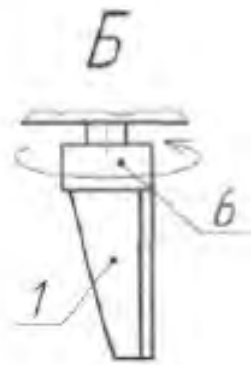
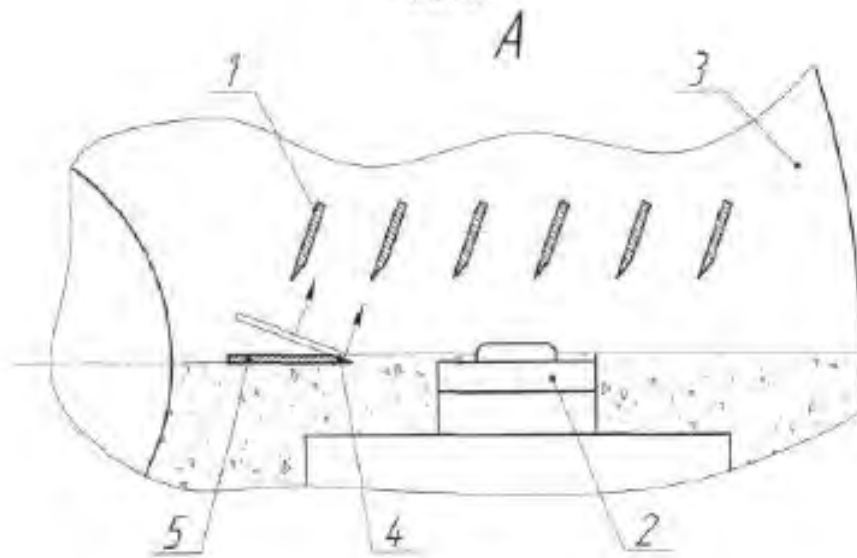


Fig. 2

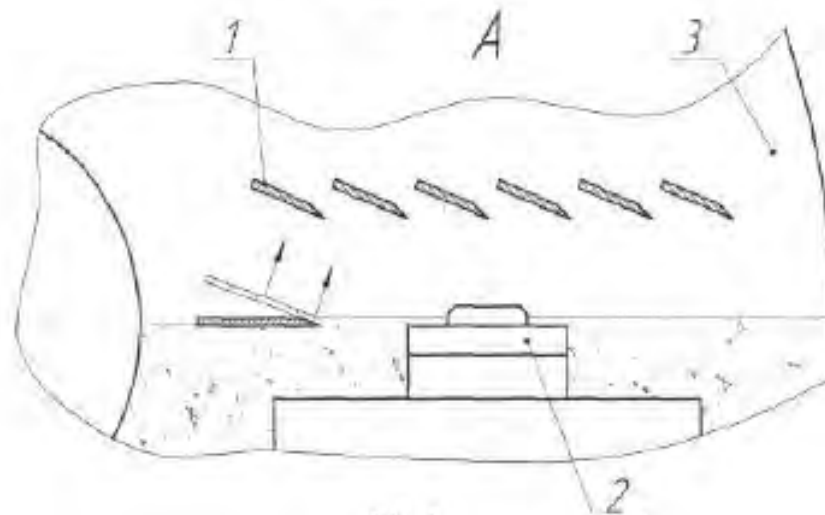
UA 120070 C2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **122178** (13) **C2**

(51) МПК (2020.01)

**B02C 18/16** (2006.01)**A22C 7/00**

МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ  
ЕКОНОМІКИ, ТОРГІВЛІ ТА  
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД**

<p>(21) Номер заявки: <b>а 2018 11629</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>26.11.2018</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: <b>26.09.2020</b></p> <p>(41) Публікація відомостей про заяву: <b>10.06.2020, Бюл.№ 11</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: <b>25.09.2020, Бюл.№ 18</b></p>	<p>(72) Винахідник(и): <b>Батраченко Віктор Григорович (UA), Філімонов Сергій Олександрович (UA), Філімонова Надія Вікторівна (UA), Батраченко Олександр Вікторович (UA)</b></p> <p>(73) Володілець (володільці): <b>Батраченко Олександр Вікторович, вул. Сумгайтська, 81, кв. 19, м. Черкаси, 18029 (UA)</b></p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: <b>SU 1057109 A1, 30.11.1983 FR 3050952 A3, 10.11.2017 BRMU9103093 U2, 03.11.2015 UA 6229 A, 15.04.2005</b></p>
--	---

**(54) ВОВЧОК****(57) Реферат:**

1. Галузь застосування: харчова промисловість, підприємства загального харчування.
2. Суть винаходу: вовчок, який має робочий циліндр та шнек, що розташовується в ньому, відрізняється тим, що додатково оснащений піддоном, робоча поверхня якого має криволінійну форму, піддон виготовлений з матеріалу, твердість якого є меншою за твердість матеріалів витків шнека і робочого циліндра вовчка, піддон призначений для розміщення між робочим циліндром і шнеком перед кожним встановленням чи зняттям шнека.
3. Технічний результат: підвищення параметричної надійності вовчка.

UA 122178 C2

UA 122178 C2

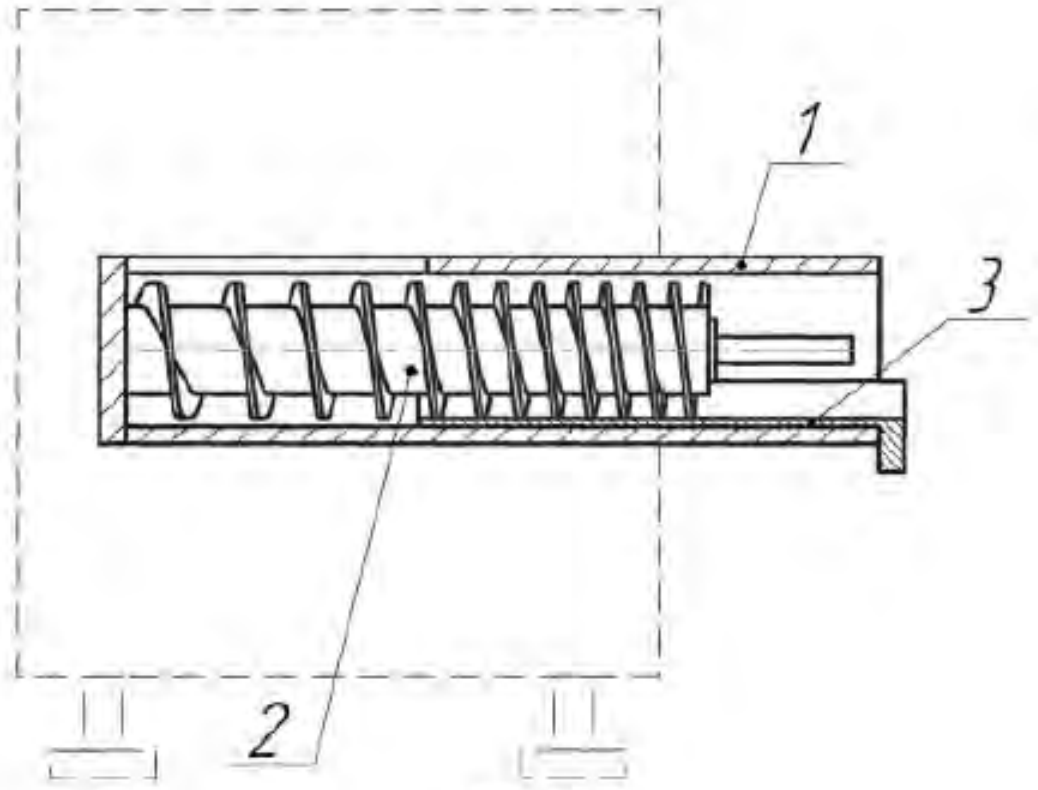


Fig. 1

## UA 122178 C2

Винахід відноситься до пристроїв для подрібнення харчових продуктів, переважно м'яса, та може бути використаний у харчовій промисловості та на підприємствах загального харчування.

Відома машина для подрібнення м'яса, що складається зі станини, бункера, робочого циліндра, подавального шнека, робочого шнека, який виконано двозахідним, різального комплексу та приводу (патент України на винахід № 88004 кл. В02С 18/00, 2009).

Відомий вовчок MADO, який має два паралельні подавальні шнеки, різальний комплект попереднього подрібнення, що приводиться в дію від подавальних шнеків, двогвинтовий насос, що призначений для подачі сировини до основного різального комплексу, який приводиться в дію від одного з гвинтів двогвинтового насоса, вовчок має привод подавальних шнеків та привод двогвинтового насоса (Food cutting apparatus II патент США на винахід № US 5820041, кл. В02С 18/30, 1998).

Відомий вовчок, що використовується для подрібнення м'яса, який складається зі станини, завантажувальної чаші, циліндра, живлячого шнека, відкидного циліндра з робочим шнеком, різального механізму (Пелеєв А.И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности. - М.: Пищепромиздат, 1971. - С. 299).

Відомий вовчок, який має робочий циліндр та шнек, що розташовується в ньому, механізм приводу, причому можливе безступінчасте регулювання ступеня подрібнення сировини шляхом зміни відносної швидкості обертання шнека та вала з різальним механізмом за допомогою варіатора (А.С. СССР № 1057109 кл. В02С 18/38, 1983).

Недоліками відомих конструкцій вовчків є: недостатньо висока параметрична надійність (знижена продуктивність, завищена енергоємність роботи) через зношування робочого циліндра та зовнішньої поверхні шнека. Зношування є неоднорідним в поперечному перерізі, максимальне зношування спостерігається в нижній частині циліндра. Це вказує на те, що причиною такого зношування є тертя шнека по циліндру при встановленні та знятті шнека на початку та в кінці кожної робочої зміни.

В основу винаходу поставлена задача отримання нового технічного результату. Технічним результатом є: підвищення параметричної надійності вовчка.

Поставлена задача вирішується тим, що вовчок містить (фіг. 1, 2) робочий циліндр 1, в якому розташовано шнек 2. Перед встановленням чи зняттям шнека поміж ними розташовується піддон 3. Робоча поверхня 4 піддона 3 має криволінійну форму і призначена для спрямування по ній шнека 2 при його встановленні чи знятті.

Винахід пояснюється кресленнями, на яких зображено: на фіг. 1 - конструкція вовчка за винаходом, що пропонується; на фіг. 2 - конструкція піддона, яким оснащується вовчок за винаходом, що пропонується.

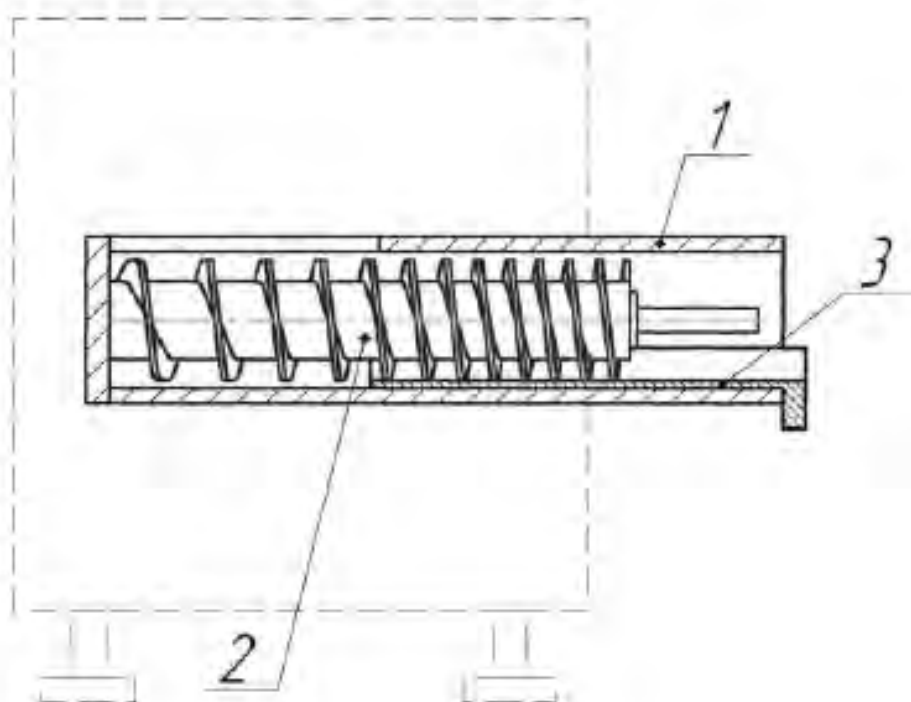
Вовчок працює наступним чином. При роботі приводу (не показано) шнек обертається і подає сировину для різального вузла (не показано). Наприкінці зміни перед зняттям шнека для проведення санітарної обробки вовчка поміж шнеком 2 і циліндром 1 розташовується піддон 3. При витягуванні шнека він ковзає по поверхні 4 піддона 3, чим захищається робочий циліндр 1 від зношування. Знижена твердість піддона 3 по відношенню до твердості витків шнека 2 дозволяє зменшити зношування витків шнека 2.

Виконання вовчка за винаходом, що пропонується, дозволяє підвищити його параметричну надійність та довговічність.

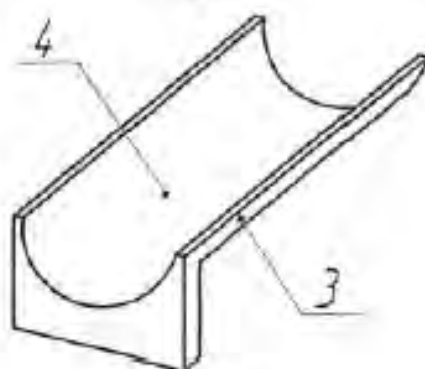
## ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Вовчок, що містить робочий циліндр та шнек, розташований в ньому, який відрізняється тим, що додатково містить піддон, змінно розташований між робочим циліндром і шнеком, робоча поверхня якого має криволінійну форму, при цьому піддон виготовлений з матеріалу, твердість якого є меншою за твердість матеріалів витків шнека і робочого циліндра вовчка.

UA 122178 C2



Фиг. 1



Фиг. 2

Комп'ютерна верстка О. Гергіль

Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України,  
вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **83391** (13) **U**(51) МПК (2013.01)  
B02C 18/30 (2006.01)  
A22C 17/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

(21) Номер заявки: <b>u 2013 02186</b>	(72) Винахідник(и): Некоз Олександр Іванович (UA), Філімонова Надія Вікторівна (UA), Філімонов Сергій Олександрович (UA), Батраченко Олександр Вікторович (UA), Хом'як Анна Володимирівна (UA)
(22) Дата подання заявки: <b>21.02.2013</b>	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>10.09.2013</b>	(73) Власник(и): Батраченко Олександр Вікторович, вул. Сумгайтська, 61, кв. 19, м. Черкаси, 18010 (UA)
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>10.09.2013, Бюл.№ 17</b>	

**(54) НДЖ ВОВЧКА****(57) Реферат:**

Ніж вовчка складається зі ступиці з посадочним отвором, прямолінійних або криволінійних лез, що розміщені по периметру ступиці, та силового кільця, яке охоплює кінці лез. Леза розміщені по периметру ступиці в межах сектора з кутом  $90^{\circ}$ - $120^{\circ}$ , центр якого лежить в центрі обертання ножа і який виміряний від кінця витка шнека вовчка, на якому встановлено ніж вовчка, в напрямі обертання ножа вовчка.

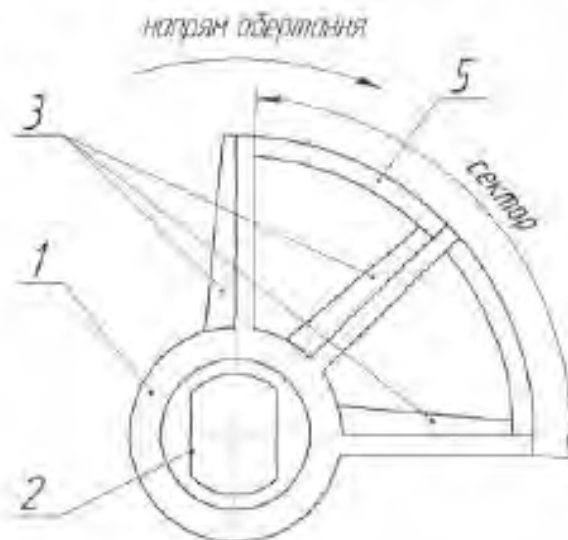


Fig. 1

UA 83391 U

## UA 83391 U

Корисна модель належить до пристроїв для подрібнення харчових продуктів, переважно м'яса, та може бути використана у харчовій промисловості, підприємствах загального харчування та у побуті.

5 Відомий ніж, що входить до складу м'ясорізальних вовчків, який має чотири прямі леза, причому різальні кромки розташовані з обох торців ножа (Пелеев А.И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности. - М.: Пищепромиздат, 1971. - с. 298).

Відомий двосторонній ніж до механізму для подрібнення м'ясопродуктів, який має криволінійні лопаті із радіусом кривизни 105÷110 мм (а.с. СССР № 814313 кл. В02С 18/00, 1981).

10 Відомий ніж до пристрою для подрібнення харчових продуктів, який виконаний у вигляді напінтальних лопатей з кутом нахилу до решітки  $9...81^\circ$ , різальні краї лез ножів зміщені відносно їх осі обертання, а кожне лезо ножа має два різальні краї з гострим та тупим кутами заточування (Патент України № 49000 кл. В02С 18/00, 2002).

15 Відомий ніж до пристрою для подрібнення м'ясопродуктів, який відрізняється тим, що лопаті встановлені на ступиці шарнірно та закріплені до неї пружиною, один з кінців якої є віссю шарніра, при цьому на тильному боці лопаті виконаний косий зріз (патент Росії № 2005105479 кл. В02С 18/30).

20 Найбільш близьким за технічною суттю до ножа, що пропонується, є ніж вовчка, який складається зі ступиці з посадочним отвором, прямолінійних або криволінійних лез, що рівномірно розміщені по периметру ступиці, та силового кільця, яке охоплює кінці лез і яке призначене для підвищення їх міцності (Промисловий каталог фірми Lumbeck & Wolter GmbH & CO. KG [Електронний ресурс]. - Німеччина, 2013. - Режим доступу: <www.lumbeck-wolter.de>.). Його й вибрано як найближчий аналог.

25 Недоліками відомих конструкцій ножів вовчка є висока їх вартість, що обумовлена, зокрема, занадто високою їх металомісткістю внаслідок наявності лез, що беруть недостатню участь у процесі подрібнення м'ясної сировини.

В основу корисної моделі поставлена задача отримання нового технічного результату. Технічним результатом є зменшення металомісткості ножів вовчка.

30 Поставлена задача вирішується тим, що ніж вовчка, який складається зі ступиці з посадочним отвором, прямолінійних або криволінійних лез, які розміщені по периметру ступиці, та силового кільця, яке охоплює кінці лез, згідно з корисною моделлю, леза розміщені по периметру ступиці в межах сектора з кутом  $90\div120^\circ$ , центр якого лежить в центрі обертання ножа і який виміряний від кінця витка шнека вовчка, на якому встановлено ніж вовчка, в напрямі обертання ножа вовчка; мають неоднакову ширину, причому лезо, що розташоване найближче до кінця витка шнека, на якому встановлено ніж вовчка, має ширину, більшу за ширину інших лез; кількість секторів із розташованими в їхніх межах лезами відповідає кількості заходів шнека вовчка, на якому встановлено ніж вовчка.

Корисна модель пояснюється кресленнями, на яких зображено:

40 на фіг. 1 - ніж вовчка, за п. 1 ф-ли корисної моделі, що пропонується;

на фіг. 2 - ніж вовчка, за п. 2 ф-ли корисної моделі, що пропонується;

на фіг. 3 - ніж вовчка, за п. 3 ф-ли корисної моделі, що пропонується (як при використанні двозахідного шнека вовчка).

45 Ніж вовчка складається зі ступиці 1 з посадочним отвором 2, прямолінійних або криволінійних лез 3 і 4, що розміщені по периметру ступиці 1, та силового кільця 5, яке охоплює кінці лез 3 і 4. Леза 3 і 4 розміщені по периметру ступиці 1 в межах сектора з кутом  $90\div120^\circ$ , центр якого лежить в центрі обертання ножа і який виміряний від кінця витка шнека вовчка, на якому встановлено ніж вовчка, в напрямі обертання ножа вовчка (фіг. 1 і 2). Кількість зазначених секторів із розташованими в їхніх межах лезами, відповідає кількості заходів шнека вовчка, на якому встановлено ніж вовчка (на фіг. 3 зображено ніж вовчка, що використовується у випадку застосування двозахідного шнека вовчка).

50 Ніж вовчка працює наступним чином. В різальному вузлі вовчка (не показано) ніж вовчка контактує лезами 3 і 4 з перфорованими решітками (не показано). Сировина шнеком вовчка подається до різального вузла та протискується крізь отвори решіток. При обертанні ножа вовчка, завдяки дії різальних крайків лез ножа та отворів решіток, сировина подрібнюється. Обертальний момент передається від хвостовика шнека до ступиці 1 ножа вовчка.

55 Проведеними дослідженнями встановлено, що величина зношування різних лез ножа вовчка неоднакова. Найбільш ефективна робота лез ножа спостерігається в межах сектора з кутом  $90\div120^\circ$ , який виміряний від кінця витка шнека в напрямі обертання ножа. Зважаючи на це, доцільно розташовувати леза саме в межах даного сектора.



Конструкція ножа вовчка (фіг. 1) дозволяє забезпечити належну продуктивність і подрібнювальну здатність різального вузла, а також суттєво зменшити собівартість ножа шляхом зменшення його металоемності.

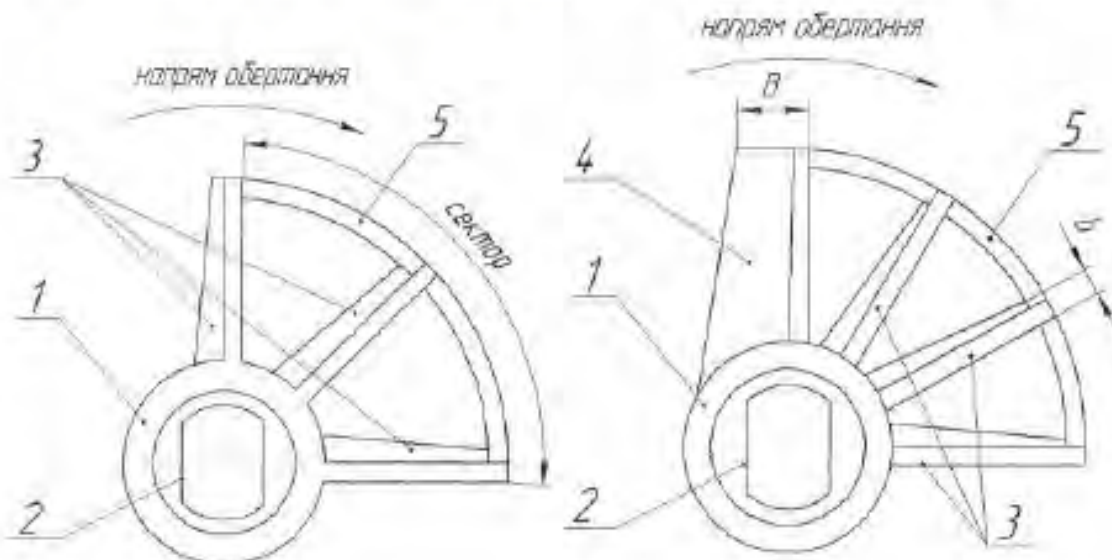
Виконання ножа вовчка за п. 2 ф-ли (фіг. 2) дозволяє збільшити кількість лез, розташованих в межах зазначеного сегмента. Це досягається за рахунок виконання леза 4, що розташоване найближче до кінця витка шнека, на якому встановлено ніж вовчка (далі - опорне лезо), більшої ширини у порівнянні із іншими лезами 3. Застосування опорного леза 4 разом із силовим кільцем 5 в конструкції ножа дозволяє суттєво підвищити міцність лез 3 завдяки передачі зусилля, яке діє на них, на опорне широке лезо 4 за допомогою силового кільця 5. В такому випадку напруження, що виникають у вузьких лезах 3 будуть нижчими, ніж за відомими аналогами, в яких усі леза мають однакову ширину. Врешті, це дозволяє в межах сектора (наприклад, з кутом  $90^\circ$ ) розмістити більшу кількість лез 3, що, як відомо, дозволяє підвищити ступінь подрібнення сировини, а зменшення ширини лез 3 дозволяє зберегти високу пропускну здатність різального вузла вовчка [Некоз О.І. Методика розрахунку продуктивності м'ясорізальних вовчків / Некоз О.І., Вербицький С.Б., Іванов П.В., Батраченко О.В. // Вісник ДонНУЕТ, № 1 //, м. Донецьк, 2011. - С. 26-32.]

Виконання ножа вовчка за п. 3 ф-ли (фіг. 3) дозволяє підвищити продуктивність вовчка та ступінь подрібнення сировини за рахунок відповідності кількості секторів з лезами 3 кількості заходів робочого шнека вовчка. Таким чином може бути забезпечено високу продуктивність вовчка (за рахунок використання багатозахідного шнека), високий ступінь подрібнення сировини (за рахунок розташування лез в зонах найбільш інтенсивної подачі сировини) і малу металоемність ножів (за рахунок зменшення загальної кількості лез у порівнянні із відомими аналогами).

25

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

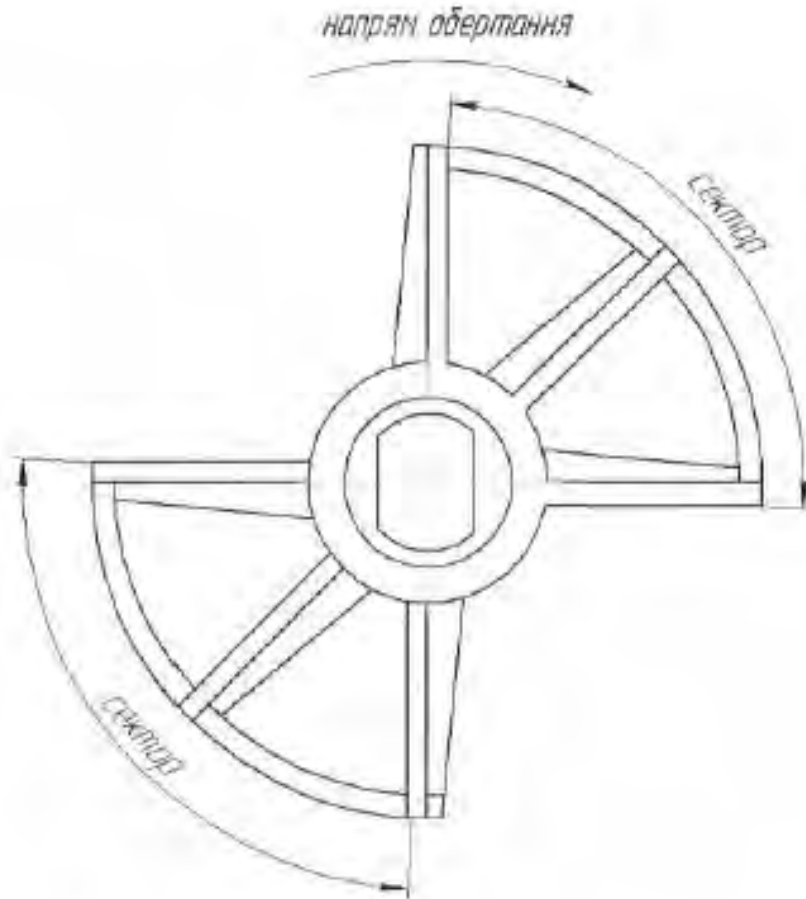
1. Ніж вовчка, який складається зі ступиці з посадочним отвором, прямолінійних або криволінійних лез, що розміщені по периметру ступиці, та силового кільця, яке охоплює кінці лез, який відрізняється тим, що леза розміщені по периметру ступиці в межах сектора з кутом  $90-120^\circ$ , центр якого лежить в центрі обертання ножа і який вимірний від кінця витка шнека вовчка, на якому встановлено ніж вовчка, в напрямі обертання ножа вовчка.
2. Ніж вовчка за п. 1, який відрізняється тим, що леза мають неоднакову ширину, причому лезо, що розташоване найближче до кінця витка шнека, на якому встановлено ніж вовчка, має ширину, більшу за ширину інших лез.
3. Ніж вовчка за п. 1, який відрізняється тим, що кількість секторів із розташованими в їхніх межах лезами відповідає кількості заходів шнека вовчка, на якому встановлено ніж вовчка.



Фіг. 1

Фіг. 2

UA 83391 U



Фиг. 3

---

Комп'ютерна верстка С. Чулій

---

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

---

ДП "Український Інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **88059** (13) **U**(51) МПК (2014.01)  
B02C 18/30 (2006.01)  
A22C 17/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

(21) Номер заявки: <b>u 2013 12240</b>	(72) Винахідник(и): Некоз Олександр Іванович (UA), Осипенко Василь Іванович (UA), Філімонова Надія Вікторівна (UA), Батраченко Олександр Вікторович (UA), Хом'як Анна Володимирівна (UA)
(22) Дата подання заявки: <b>21.10.2013</b>	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>25.02.2014</b>	(73) Власник(и): Батраченко Олександр Вікторович, вул. Сумгаїтська, 81, кв. 19, м. Черкаси, 18029 (UA)
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>25.02.2014, Бюл.№ 4</b>	

**(54) ВОВЧОК УНІВЕРСАЛЬНИЙ****(57) Реферат:**

Вовчок універсальний містить станину, бункер, подрібнювальний шнек для подрібнення замороженої сировини, який має витки перемінного кроку і може бути виконаний багатозаходним із валом змінного діаметра, різальний комплект, який встановлений на подрібнювальному шнеку, пристрій фіксації різального комплекту, привод подрібнювального шнека, який додатково обладнаний насосом, горловиною, патрубком, ножовим валом, додатковим різальним комплектом, що встановлюється на ножовий вал, пристроєм фіксації додаткового різального комплекту, приводом насоса, приводом ножового валу, як насос використовується шестеренний насос із внутрішнім зачепленням, насос розташований нижче осі подрібнювального шнека таким чином, що сировина подається подрібнювальним шнеком до патрубки, з якої вона потрапляє до насоса, який в свою чергу подає її у горловину, всередині якої розміщено ножовий вал і на виході з якої встановлено додатковий різальний комплект.

UA 88059 U

UA 88059 U

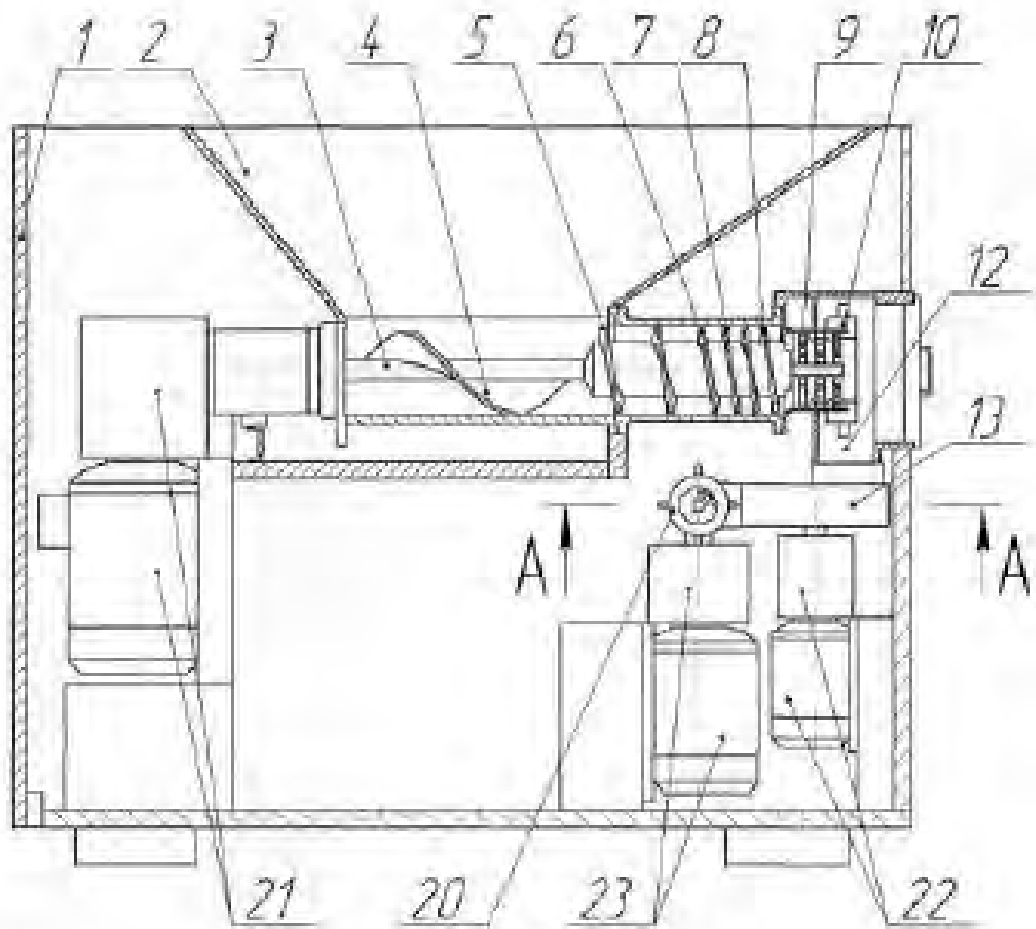


Fig. 1

Корисна модель належить до пристроїв для подрібнення харчових продуктів, переважно м'яса, та може бути використана у харчовій промисловості та на підприємствах загального харчування.

5 Відомий пристрій для подрібнення м'ясопродуктів, який складається зі станини, бункера, робочого циліндра, подавального шнека, робочого шнека, який виконано однозаходним, різального комплексу та приводу (А.С. СССР № 1837783 кл. А22С 17/00, 1993).

Відома машина для подрібнення м'яса, складається зі станини, бункера, робочого циліндра, подавального шнека, робочого шнека, який виконано двозаходним, різального комплексу та приводу (патент України на винахід № 88004 кл. В02С 18/00, 2009).

10 Відомий вовчок, який має шнек, що здатен подрібнювати заморожену сировину, привод шнека, різальний комплект, причому поміж елементами різального комплексу вбудовано насос, який призначений для створення додаткового нагнітального тиску для подачі в'язкої сировини, насос приводиться в дію від шнека (Hakkesmaskine til hakning af kod eller lignende materiale // патент Данії на винахід № 159591 В, кл. В02С 18/30, 1977).

15 Відомий вовчок, поміж елементами різального комплексу якого вбудовано насос, що призначений для створення додаткового нагнітального тиску для подачі в'язкої сировини, насос приводиться в дію від шнека, причому як насос може використовуватись ексцентриково-лопатевої, шестеренний або шестеренний із внутрішнім зачепленням насоси (Hakkesmaskine, især kodhakkesmaskine // патент Данії на винахід № 159999 В, кл. В02С 18/30, 1979).

20 Відомий вовчок, конструкції якого передбачено використання насоса, що розташований поза межами різального комплексу, причому сировина двічі проходить крізь різальний комплект і один раз - крізь насос (Maschine, besonders hackmaschine zum hacken von fleisch oder ähnlichen aufgaben // патент ФРН на винахід № DT 2623322 А1, кл. В02С 18/00, 1976).

25 Відомий вовчок MADO, який має два паралельні подавальні шнеки, різальний комплект попереднього подрібнення, що приводиться в дію від подавальних шнеків, двогвинтовий насос, що призначений для подачі сировини до основного різального комплексу, який приводиться в дію від одного з гвинтів двогвинтового насоса, вовчок має привод подавальних шнеків та привод двогвинтового насоса (Food cutting apparatus // патент США на винахід № US 5820041, кл. В02С 18/30, 1998).

30 Недоліком даних вовчків є: недостатня продуктивність (що обумовлено подачею шнеком сировини в кожний момент часу не по всій площі решіток різального комплексу, а лише в межах їх деякого сектора); неможливість безступінчасто змінювати ступінь подрібнення сировини без зупинки вовчка (що обумовлено обертанням ножів різального комплексу разом із шнеком).

35 Відомий вовчок CFS AutoGrind, який призначений для подрібнення м'ясних заморожених блоків, вовчок містить станину, бункер, подрібнювальний шнек для подрібнення замороженої сировини, робочий шнек та різальний комплект встановлений на ньому, привод подрібнювального шнека та привод робочого шнека (Промисловий каталог фірми GEA Convenience-Food Technologies [Електронний ресурс]. - Нідерланди, 2013. - Режим доступу: <[www.cfsrussia.com](http://www.cfsrussia.com)>.).

40 Найбільш близьким за технічною суттю до вовчка універсального, що заявляється, є вовчок CFS MaxiGrind HD, який містить станину, бункер, подрібнювальний шнек для подрібнення замороженої сировини, який має витки перемінного кроку і може бути виконаний багатозаходним із валом змінного діаметра, різальний комплект, який встановлений на подрібнювальному шнеку, пристрій фіксації різального комплексу, привод подрібнювального шнека (Промисловий каталог фірми GEA Convenience-Food Technologies [Електронний ресурс]. - Нідерланди, 2013. - Режим доступу: <[www.cfsrussia.com](http://www.cfsrussia.com)>.).

45 Недоліком даних вовчків є: недостатня продуктивність (що обумовлено подачею подрібнювальним шнеком сировини в кожний момент часу не по всій площі решіток різального комплексу, а лише в межах їх деякого сектора); неможливість безступінчасто змінювати ступінь подрібнення сировини без зупинки вовчка (що обумовлено обертанням ножів різального комплексу разом із подрібнювальним шнеком); недостатня надійність роботи при переробці твердої та в'язкої сировини (що обумовлено низькою здатністю подрібнювального шнека до створення високого нагнітального тиску).

50 В основу корисної моделі поставлена задача отримання нового технічного результату. Технічним результатом є: підвищення продуктивності вовчка; надання можливості безступінчасто змінювати ступінь подрібнення сировини без зупинки вовчка; підвищення надійності роботи вовчка при переробці твердої та в'язкої сировини

55 Поставлена задача вирішується тим, що вовчок універсальний, який містить станину, бункер, подрібнювальний шнек для подрібнення замороженої сировини, який має витки перемінного кроку і може бути виконаний багатозаходним із валом змінного діаметра, різальний

60

комплект, який встановлений на подрібнювальному шнеку, пристрій фіксації різального комплекту, привід подрібнювального шнека, відрізняється тим, що додатково обладнаний насосом, горловиною, патрубком, ножовим валом, додатковим різальним комплектом, що встановлюється на ножовий вал, пристроєм фіксації додаткового різального комплекту, приводом насоса, приводом ножового вала, як насос використовується шестеренний насос із внутрішнім зачепленням, насос розташований нижче осі подрібнювального шнека таким чином, що сировина подається подрібнювальним шнеком до патрубка, з якого вона потрапляє до насоса, який в свою чергу подає її у горловину, всередині якої розміщено ножовий вал і на виході з якої встановлено додатковий різальний комплект; різальний комплект містить кільцеві решітки, кожна з яких виконана у вигляді кільця, геометричні параметри якого визначаються за наступного співвідношення:  $1 < D/d \leq 2$ , де  $D$  - зовнішній діаметр кільця;  $d$  - діаметр осьового отвору кільця.

Корисна модель пояснюється кресленнями, на яких зображено: на фіг. 1 - загальний вигляд вовчка (вид збоку); на фіг. 2 - загальний вигляд решітки за п. 2 Ф-ли; на фіг. 3 - загальний вигляд шестеренного насоса, ножового вала та додаткового різального комплекту.

Вовчок універсальний містить (фіг. 1-3) станину 1, бункер 2, всередині якого розміщено подрібнювальний шнек 3 для подрібнення замороженої сировини. Подрібнювальний шнек 3 має витки перемінного кроку (витки 4 зі збільшеним значенням кроку для подрібнення блоків замороженої сировини та витки 5 зі зменшеним значенням кроку для подачі сировини до різального вузла), він може бути виконаний багатозаходним (наприклад мати три заходи 6, 7 і 8) та мати вал змінного діаметра (зменшеного діаметра в зоні витків зі збільшеним значенням кроку та збільшеного діаметра в зоні витків зі зменшеним значенням кроку). З боку сторони подрібнювального шнека 3, яка має витки зі зменшеним значенням кроку, встановлено різальний комплект 9, ножі якого обертаються разом із подрібнювальним шнеком 3. Елементи різального комплекту 9 фіксуються пристроєм 10 фіксації різального комплекту (наприклад гайкою). Кожна решітка 11 різального комплекту 9 може бути виконана (фіг. 2) у вигляді кільця, геометричні параметри якого визначаються за наступного співвідношення:  $1 < D/d \leq 2$ , де  $D$  - зовнішній діаметр кільця;  $d$  - діаметр осьового отвору кільця. Різальний комплект 9 сполучений патрубком 12 зі всмоктувальною частиною насоса 13. Основними елементами насоса 13 є (фіг. 3) зубчасте колесо 14 із внутрішнім зубчастим вінцем, зубчасте колесо 15 із зовнішнім зубчастим вінцем та роздільник 16. Нагнітаюча частина насоса 13 сполучена з горловиною 17, яка може мати прямолінійну, криволінійну або складну просторову конфігурацію. Всередині горловини 17 розташовано ножовий вал 18, на виході з горловини 17 встановлено додатковий різальний комплект 19, ножі якого обертаються за допомогою ножового вала 18. Елементи додаткового різального комплекту 19 фіксуються пристроєм 20 фіксації додаткового різального комплекту (наприклад гайкою). Подрібнювальний шнек 3 приводиться в дію за допомогою приводу 21 подрібнювального шнека. Насос 13 приводиться в дію за допомогою приводу 22 насоса. Ножовий вал 18 приводиться в дію за допомогою приводу 23 ножового вала.

Вовчок універсальний працює наступним чином. Сировина (наприклад заморожені м'яси блокі) подається в бункер 2, всередині якого вона захоплюється подрібнювальним шнеком 3 і початково подрібнюється шляхом затиснення поміж витками 4 зі збільшеним значенням кроку та стінками бункера 2. Отримані при цьому шматки сировини захоплюються витками 5 зі зменшеним значенням кроку та подаються до різального комплекту 9. Виконання подрібнювального шнека 3 багатозаходним (наприклад із заходами 6, 7 і 8) та із валом змінного діаметра (збільшеного в зоні витків 5 зі зменшеним значенням кроку) дозволяє забезпечити його високу продуктивність та одночасно з цим - достатньо високий нагнітальний тиск. Сировина, після подрібнення різальним комплектом 9, потрапляє до патрубка 12, з якого вона потрапляє до всмоктувальної частини насоса 13. Внаслідок обертання зубчастих коліс 14 і 15 насоса 13 сировина під підвищеним тиском потрапляє до горловини 17. При цьому, завдяки наявності роздільника 16, сировина не перетирається зубчастими колесами 14 і 15. В горловині 17 сировина розподіляється рівномірно по її діаметру та подається до додаткового різального комплекту 19, ножі якого обертаються за допомогою ножового вала 18. При цьому сировина остаточно подрібнюється та виходить із вовчка.

Використання насоса 13 дозволяє забезпечити подачу сировини в кожний момент часу по усій площі решіток додаткового різального комплекту 19 на відміну від шнеків, які використовуються у відомих конструкціях вовчків (як було встановлено [Некоз О.І. та ін. Дослідження інтенсивності зношування різальних крайків ножа вовчка // Вісник ЧДТУ. - Черкаси, № 2, 2013. - С. 134-139], в кожний момент часу шнек подає сировину лише в межах деякого сектора площі решітки, що суттєво зменшує використовувану робочу площу решіток і,

UA 88059 U

відповідно, продуктивність вовчка). Завдяки цьому суттєвим чином підвищується продуктивність вовчка.

5 Використання насоса 13 в конструкції вовчка дозволяє також підвищити напітальний тиск сировини і таким чином підвищити надійність роботи вовчка при переробці твердої та в'язкої сировини.

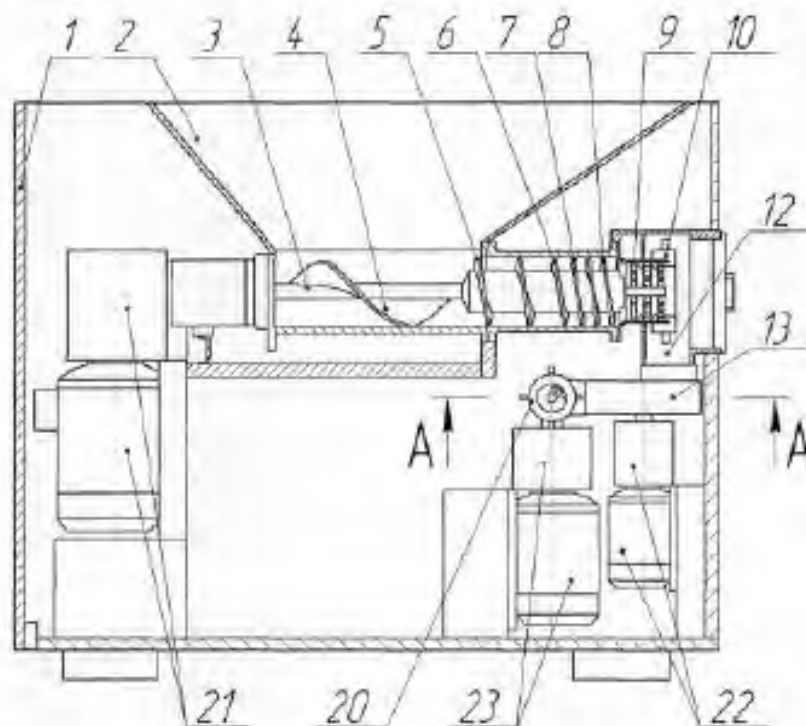
Використання індивідуальних приводів 21, 22, 23 дозволяє адаптувати режими роботи вовчка в широких межах та безступінчасто змінювати ступінь подрібнення сировини додатковим різальним комплектом 19 без зупинки вовчка.

10 Використання кільцевих решіток 11 дозволяє (згідно [Пат. 31370 України, МПК В02С 18/26, 2008.] підвищити продуктивність різального комплекту 9.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

15 1. Вовчок універсальний, який містить станину, бункер, подрібнювальний шнек для подрібнення замороженої сировини, який має витки перемінного кроку і може бути виконаний багатозаходним із валом змінного діаметра, різальний комплект, який встановлений на подрібнювальному шнеку, пристрій фіксації різального комплекту, привод подрібнювального шнека, який відрізняється тим, що додатково обладнаний насосом, горловиною, патрубком, ножовим валом, додатковим різальним комплектом, що встановлюється на ножовий вал, пристроєм фіксації додаткового різального комплекту, приводом насоса, приводом ножового вала, як насос використовується шестеренний насос із внутрішнім зачепленням, насос розташований нижче осі подрібнювального шнека таким чином, що сировина подається подрібнювальним шнеком до патрубка, з якого вона потрапляє до насоса, який в свою чергу подає її у горловину, всередині якої розміщено ножовий вал і на виході з якої встановлено додатковий різальний комплект.

25 2. Вовчок універсальний за п. 1, який відрізняється тим, що різальний комплект містить кільцеві решітки, кожна з яких виконана у вигляді кільця, геометричні параметри якого визначаються за наступного співвідношення:  $1 < D/d \leq 2$ , де  $D$  - зовнішній діаметр кільця;  $d$  - діаметр осевого отвору кільця.



Фиг. 1



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **71901** (13) **U**  
(51) МПК  
B02C 18/20 (2006.01)

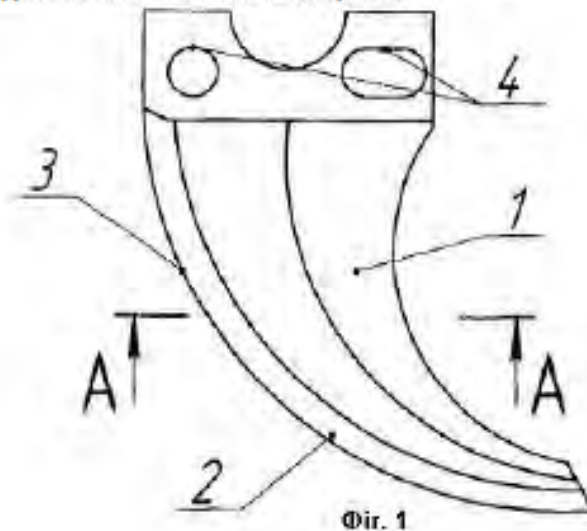
**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

(21) Номер заявки:	u 2012 01630	(72) Винахідник(и):	Некоз Олександр Іванович (UA), Литовченко Ігор Миколайович (UA), Вербицький Сергій Борисович (UA), Козій Олексій Антонович (UA), Іванов Павло Васильович (UA), Батраченко Олександр Вікторович (UA)
(22) Дата подання заявки:	14.02.2012	(73) Власник(и):	Батраченко Олександр Вікторович, вул. Сумгайтська, 61, кв. 19, м. Черкаси, 18029 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель:	25.07.2012		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	25.07.2012, Бюл.№ 14		

**(54) НІЖ КУТЕРА**

**(57) Реферат:**

Ніж кутера виконаний у вигляді пластини, що має дві бокові сторони, тильну сторону та лезо, лезо має заточку. Ніж має таку геометричну форму, при якій висота його поперечного перерізу, виміряна на ділянці поміж боковими сторонами, є більшою за висоту поперечного перерізу, виміряну на ділянці з'єднання леза із боковими сторонами.



UA 71901 U



## UA 71901 U

Корисна модель належить до м'ясопереробної промисловості і може бути використана для тонкого подрібнення м'ясної сировини при виробництві ковбас, сосисок, сардельок, паштетів.

Відомі ножі кутера, які містять різальну кромку, що виконана у вигляді кривої другого порядку, ламаної лінії або їх комбінацій (Ивашов В.И. и др. Новые режущие устройства куттеров: Обзорн. информ. - М.: АгроНИИТЭИММП, 1986. - 40 с).

Відомий ніж кутера, який являє собою пластину серповидної форми із різальною кромкою, отвором для посадки на вал та додатковими різальними кромками (а. с. СРСР № 1479095 кл. В02С 18/20, 1989).

Відомий ніж кутера, серповидне лезо якого виконане таким, що складається з окремих пластин однакової товщини, пластини скріплюються потайними заклепками, конструкція дозволяє підвищити довговічність та ремонтпридатність ножа (патент Росії на винахід № 2157734 кл. В02С 18/20).

Відомий ніж кутера, який складається з пластини з лезом, причому товщина пластини неоднакова по довжині ножа - більша в посадочній частині ножа та зменшується в напрямку до його кінця (Kuttermesser und damit versehener Messerkopf // патент ФРН на винахід № DE 202007016294 U1, кл. В02С 18/20, 2008).

Відомий ніж кутера, який має на нижній боковій стороні потовщення зі скосом, причому скос призначений для контакту із сировиною при роботі ножа з метою створення зусилля, яке б компенсувало згинаюче зусилля, що виникає внаслідок контакту сировини із заточкою (Kuttermesser und Messerkopf sowie Kutter mit Kuttermesser // європейський патент на винахід № EP 1994989 A2, кл. В02С 18/20, 2008).

Відомий ніж для кутера, який містить пластину з різальною кромкою, що складається з двох послідовно розміщених від основи опуклих дуг, розташованих під кутом одна до одної (патент України на винахід № 3953 кл. В02С 18/20, 2004).

Найбільш близьким до ножа кутера, що пропонується, є ніж кутера, виконаний у вигляді пластини, що має дві бокові сторони, тильну сторону та лезо, лезо має заточку, кожна бокова сторона ножа виконана такою, що складається з однієї поверхні, яка при цьому лежить в площині, паралельній площині обертання ножа в кутері (патент України на винахід № 39791 кл. В02С 18/20, 2009).

Недоліками вказаних конструкцій є: недостатня міцність, що перешкоджає розширенню технологічних можливостей ножа шляхом кращої адаптації його для подрібнення кускової та замороженої сировини, це обумовлено тим, що висота поперечного перерізу ножа від леза до його тильної сторони є постійною.

В основу корисної моделі поставлена задача підвищення міцності ножа.

Поставлена задача вирішується тим, що ніж кутера, який виконаний у вигляді пластини, що має дві бокові сторони, тильну сторону та лезо, лезо має заточку, згідно з корисною моделлю, ніж має таку геометричну форму, при якій висота його поперечного перерізу, виміряна на ділянці між боковими сторонами, є більшою за висоту поперечного перерізу, виміряну на ділянці з'єднання леза із боковими сторонами, причому значення висоти поперечного перерізу ножа, виміряної на ділянці між боковими сторонами, є змінним, мінімальним з боку леза ножа та максимальним з боку його тильної сторони, кожна бокова сторона складається з однієї або більше поверхонь; лезо ножа має односторонню заточку, при якій одна сторона заточки лежить в одній площині з тією боковою стороною, яка складається з однієї поверхні, що розташована в площині, паралельній площині обертання ножа в кутері, а друга сторона заточки розташована під кутом до цієї бокової сторони, при цьому збільшення висоти поперечного перерізу ножа відбувається за рахунок того, що інша бокова сторона складається із декількох поверхонь, щонайменше одна з яких розташована в площині, яка не паралельна площині обертання ножа в кутері; лезо ножа має двосторонню заточку, при якій жодна зі сторін заточки не лежить в площині, що паралельна площині обертання ножа в кутері, при цьому збільшення висоти поперечного перерізу ножа відбувається за рахунок того, що кожна з бокових сторін складається з декількох поверхонь, щонайменше одна з яких розташована в площині, яка не паралельна площині обертання ножа в кутері.

Корисна модель пояснюється кресленнями, на яких зображено: на фіг. 1 - загальний вигляд ножа кутера; на фіг. 2 - поперечний переріз ножа; на фіг. 3 - поперечний переріз ножа.

Ніж кутера містить (фіг. 1-3) пластину 1, яка має лезо 2 із різальним крайком 3 та отвори 4 для закріплення в ножовій головці кутера (не показано). Різальний крайок 3 може бути виконаний у вигляді прямої, дуги кола зі зміщеним центром, архімедової, логарифмічної або іншого виду спіралі, ламаної, що вписана у криву або поєднання вказаних форм. Пластина також має дві бокові сторони 5 і 6 та тильну сторону 7. Лезо 2 має заточку 8. Ніж кутера має таку геометричну форму, при якій висота його поперечного перерізу  $h_2$ , виміряна на ділянці між

## UA 71901 U

боковими сторонами 5 і 6, є більшою за висоту поперечного перерізу  $h_1$ , виміряну на ділянці з'єднання леза 2 із боковими сторонами 5 і 6, причому значення висоти поперечного перерізу ножа  $h_2$  є змінним, мінімальним з боку леза 2 та максимальним з боку тильної сторони 7.

5 Ніж кутера виконується таким, що лезо 2 ножа має односторонню заточку, при якій одна сторона заточки 9 лежить в одній площині з тією боковою стороною 5, яка складається з однієї поверхні, що розташована в площині, паралельній площині обертання ножа в кутері, а друга сторона заточки 10 розташована під кутом до цієї бокової сторони 5 (фіг. 2). При цьому збільшення висоти поперечного перерізу ножа відбувається за рахунок того, що інша бокова сторона 6 складається із декількох поверхонь 11 та 12, щонайменше одна з яких (11) розташована в площині, яка не паралельна площині обертання ножа в кутері. Лезо 2 ножа має двосторонню заточку, при якій жодна зі сторін 9 і 10 заточки не лежить в площині, що паралельна площині обертання ножа в кутері (фіг. 3). При цьому збільшення висоти поперечного перерізу ножа відбувається за рахунок того, що кожна з бокових сторін складається з декількох поверхонь, щонайменше одна з яких розташована в площині, яка не паралельна площині обертання ножа в кутері. Тобто бокова сторона 6 складається з поверхонь 9 і 10 (в даному випадку поверхня 9 не лежить в площині, що паралельна площині обертання ножа в кутері), а бокова сторона 5 складається із поверхонь 13 та 14 (в даному випадку поверхня 13 не лежить в площині, що паралельна площині обертання ножа в кутері).

Ніж кутера працює наступним чином.

20 При обертанні ножової головки кутера (не показано) сировина, яка знаходиться в чаші кутера (не показано), подрібнюється ножами. Подача сировини в зону різання відбувається шляхом обертання чаші в горизонтальній площині, а різання сировини відбувається різальними окрайками 3 ножів. Після проміжку часу, тривалість якого визначається технологічними вимогами, чаша та ножовий вал кутера зупиняються, процес подрібнення сировини закінчено.

25 В результаті проведених досліджень було встановлено, що контакт сировини із ножем відбувається не по всій його поверхні, а переважно по поверхні заточки леза. Причиною такого обтікання ножа сировиною є підвищена в'язкість сировини (не менше 20 Па·с) та значно висока швидкість її руху (в середньому 80 м/с). Після руху по заточці леза сировина рухається далі, огинаючи верхню бокову сторону ножа (Фіг. 2). Це дозволяє підвищити товщину ножа від значення  $h_1$  (як для ножів за відомими аналогами) до значення  $h_2$ , підвищивши таким чином його міцність без погіршення якості обробки сировини (без підвищення температури фаршу внаслідок тертя об поверхні ножа).

30 Сировина, рухаючись по стороні 10 заточки 8 спрямовується далі, огинаючи таким чином поверхні 11 і 12 бокової сторони 6. Внаслідок цього сировина не контактує з боковою стороною 6. Задля підвищення міцності ножа кутера поверхня 12 розташована на відстані  $h_2$ , яка є більшою за відстань  $h_1$ , від бокової сторони 5. Задля зменшення концентрації напружень в ножі кутера збільшення висоти його поперечного перерізу від значення  $h_1$  до значення  $h_2$  відбувається поступово завдяки наявності поверхні 11 бокової сторони 6.

40 При виконанні ножа кутера заточка 8 виконана двосторонньою, як для одного з різновиду заточки ножів кутера, що використовується на практиці. Сировина, рухаючись по сторонах 9, 10 заточки спрямовується далі, огинаючи таким чином поверхні 11, 12, 13, 14 бокових сторін 6 і 5. Внаслідок цього сировина не контактує з боковими сторонами 5 і 6. Завдяки збільшенню висоти поперечного перерізу, у порівнянні із відомими аналогами, підвищується міцність ножа кутера.

45 Загалом, при використанні ножа кутера, виконаного за корисною моделлю, що пропонується, можливо підвищити міцність ножа у порівнянні із відомими аналогами без підвищення нагріву оброблюваної сировини. Це дає можливість розширити технологічні можливості ножа кутера шляхом кращої його адаптації для подрібнення кускової та замороженої сировини.

## 50 ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Ніж кутера, який виконаний у вигляді пластини, що має дві бокові сторони, тильну сторону та лезо, лезо має заточку, який відрізняється тим, що має таку геометричну форму, при якій висота його поперечного перерізу, виміряна на ділянці між боковими сторонами, є більшою за висоту поперечного перерізу, виміряну на ділянці з'єднання леза із боковими сторонами, причому значення висоти поперечного перерізу ножа, виміряної на ділянці між боковими сторонами, є змінним, мінімальним з боку леза ножа та максимальним з боку його тильної сторони, кожна бокова сторона складається з однієї або більше поверхонь.

60 2. Ніж кутера за п. 1, який відрізняється тим, що лезо ножа має односторонню заточку, при якій одна сторона заточки лежить в одній площині з тією боковою стороною, яка складається з однієї

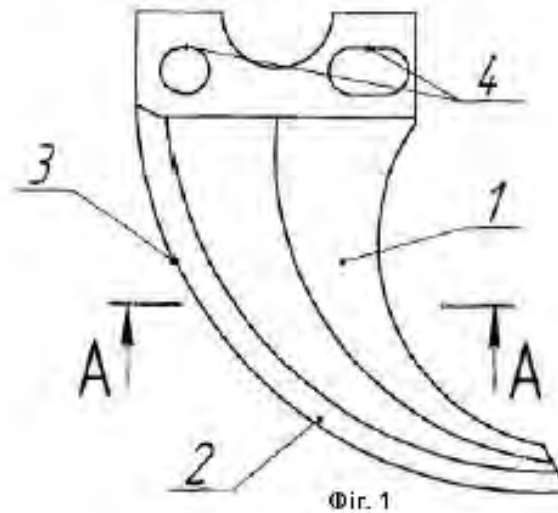
UA 71901 U

поверхні, що розташована в площині, паралельній площині обертання ножа в кутері, а друга сторона заточки розташована під кутом до цієї бокової сторони, при цьому збільшення висоти поперечного перерізу ножа відбувається за рахунок того, що інша бокова сторона складається із декількох поверхонь, щонайменше одна з яких розташована в площині, яка не паралельна площині обертання ножа в кутері.

5

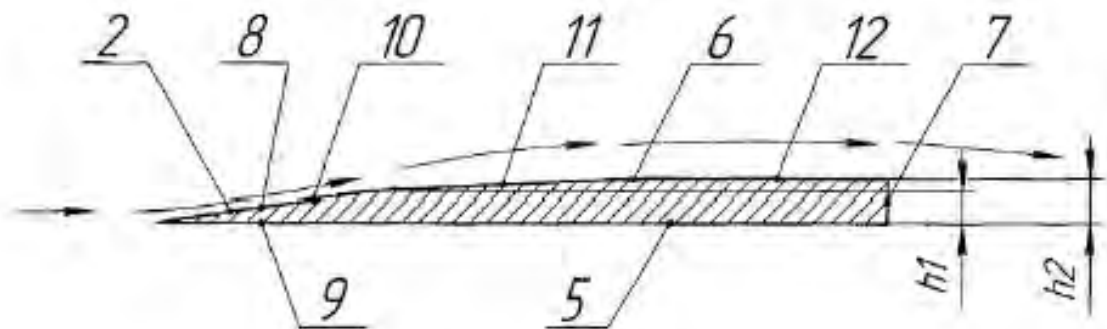
3. Нож кутера за п. 1, який відрізняється тим, що лезо ножа має двосторонню заточку, при якій жодна зі сторін заточки не лежить в площині, що паралельна площині обертання ножа в кутері, при цьому збільшення висоти поперечного перерізу ножа відбувається за рахунок того, що кожна з бокових сторін складається з декількох поверхонь, щонайменше одна з яких розташована в площині, яка не паралельна площині обертання ножа в кутері.

10



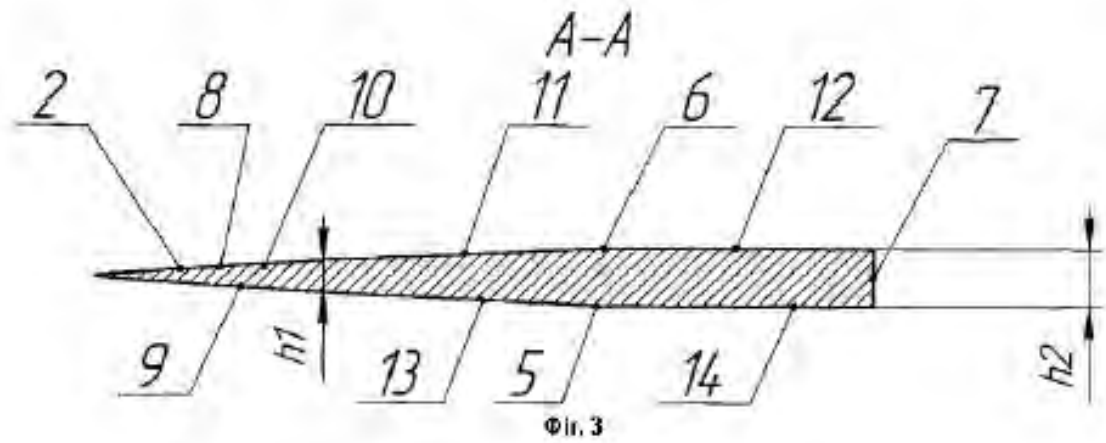
Фіг. 1

A-A



Фіг. 2

UA 71901 U



Комп'ютерна верстка Д. Шеврун

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ - 42, 01601



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA (11) 88060 (13) U  
(51) МПК  
B02C 18/20 (2006.01)

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

(21) Номер заявки: u 2013 12243	(72) Винахідник(и): Осипенко Василь Іванович (UA), Некоз Олександр Іванович (UA), Батраченко Олександр Вікторович (UA), Кульбака Вікторія Олександрівна (UA)
(22) Дата подання заявки: 21.10.2013	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 25.02.2014	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.02.2014, Бюл.№ 4	(73) Власник(и): Батраченко Олександр Вікторович, вул. Сумгайтська, 61, кв. 19, м. Черкаси, 18010 (UA)

**(54) НІЖ КУТЕРА**

**(57) Реферат:**

Ніж кутера виконаний у вигляді пластини, що має посадочні поверхні, дві бокові сторони, тильну сторону та лезо, лезо має заточку та різальну кромку, висота поперечного перерізу ножа, виміряна на ділянці між боковими сторонами, є більшою за висоту поперечного перерізу, виміряну на ділянці з'єднання леза із боковими сторонами, причому значення висоти поперечного перерізу ножа, виміряної на ділянці між боковими сторонами, є змінним, мінімальним з боку леза ножа та максимальним з боку його тильної сторони, кожна бокова сторона складається з однієї або більше поверхонь, причому ніж має заглиблення глибиною  $\delta$ , яке виконане на тій боковій стороні пластини, на яку натікає шар сировини при її подачі чашею кутера, заглиблення простирається по поверхні бокової сторони від границі, що розташована на відстані  $l$  від різальної кромки, до тильної сторони пластини.

UA 88060 U

UA 88060 U

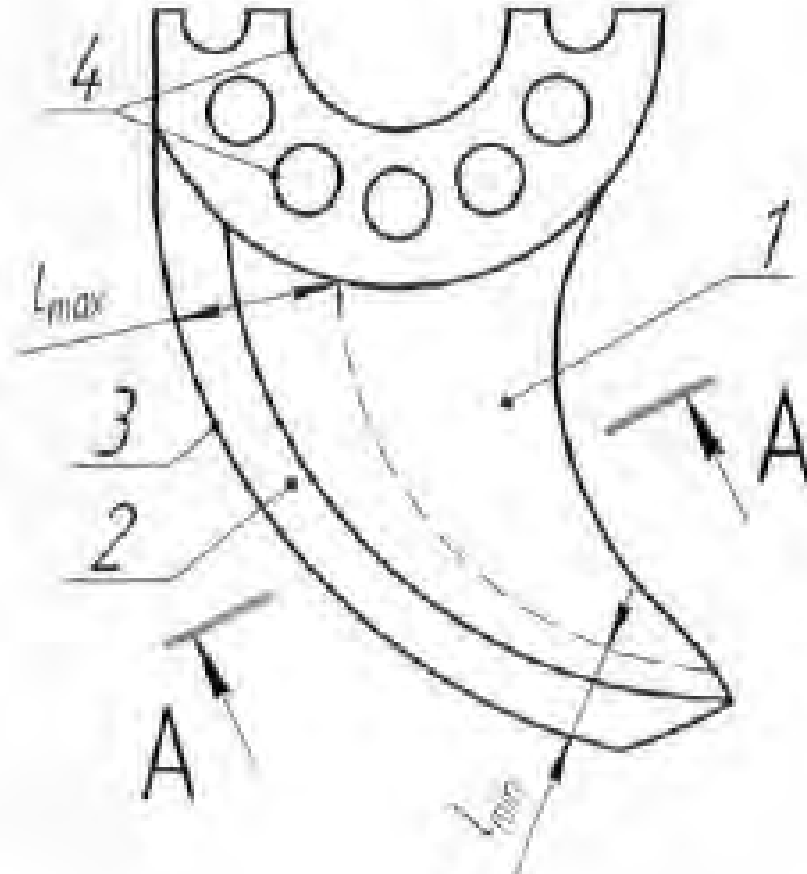


Fig. 1

## UA 88060 U

Корисна модель належить до м'ясопереробної промисловості і може бути використана для тонкого подрібнення м'ясної сировини при виробництві ковбас, сосисок, сардельок, паштетів.

Відомі ножі кутера, які містять різальну кромку, що виконана у вигляді кривої другого порядку, ламаної лінії або їх комбінацій [Ивашов В.И. и др. Новые режущие устройства куттеров: Обзорн. информ. - М.: АгроНИИТЭИММП, 1986. - 40 с.].

Відомий ніж кутера, який являє собою пластину серпоподібної форми із різальною кромкою, отвором для посадки на вал та додатковими різальними кромками [а.с. СРСР № 1479095 кл. В02С 18/20, 1989].

Відомий ніж кутера, серповидне лезо якого виконане таким, що складається з окремих пластин однакової товщини, пластини скріплюються потайними заклепками, конструкція дозволяє підвищити довговічність та ремонтпридатність ножа [патент Росії на ви нахід № 2157734 кл. В02С 18/20].

Відомий ніж кутера, який складається з пластини з лезом, причому товщина пластини неоднакова по довжині ножа - більша в посадочній частині ножа та зменшується в напрямку до його кінця [Kuttermesser und damit versehener Messerkopf II патент ФРН на винахід № DE 202007016294 U1, кл.В02С 18/20, 2008].

Відомий ніж кутера, який має на нижній боковій стороні потовщення зі скосом, причому скіс призначений для контакту із сировиною при роботі ножа з метою створення зусилля, яке б компенсувало згинаюче зусилля, що виникає внаслідок контакту сировини із заточкою (Kuttermesser und Messerkopf sowie Kutter mit Kuttermesser// європейський патент на винахід № EP 1994989 A2, кл. В02С 18/20, 2008).

Відомий ніж для кутера, який містить пластину з різальною кромкою, що складається з двох послідовно розміщених від основи опуклих дуг, розташованих під кутом одна до одної [патент України на винахід № 3953 кл. В02С 18/20,2004].

Найбільш близьким до ножа кутера, що пропонується, є ніж кутера, який виконаний у вигляді пластини, що має дві бокові сторони, тильну сторону та лезо, лезо має заточку, висота поперечного перерізу ножа, виміряна на ділянці між боковими сторонами, є більшою за висоту поперечного перерізу, виміряну на ділянці з'єднання леза із боковими сторонами, причому значення висоти поперечного перерізу ножа, виміряної на ділянці між боковими сторонами, є змінним, мінімальним з боку леза ножа та максимальним з боку його тильної сторони, кожна бокова сторона складається з однієї або більше поверхонь [патент України на винахід № 71901 кл. В02С 18/20,2012].

Недоліками вказаних конструкцій є: знижена продуктивність кутера та підвищений нагрів сировини, що обумовлено значною площею бокових поверхонь ножів, і, як наслідок, перешкоджанням надходженню сировини в зону різання та підвищеним тертям ножів об сировину.

В основу корисної моделі поставлена задача отримання нового технічного результату. Технічним результатом є: підвищення продуктивності кутера, зменшення нагріву сировини.

Поставлена задача вирішується тим, що ніж кутера, який виконаний у вигляді пластини, що має посадочні поверхні, дві бокові сторони, тильну сторону та лезо, лезо має заточку та різальну кромку, висота поперечного перерізу ножа, виміряна на ділянці між боковими сторонами, є більшою за висоту поперечного перерізу, виміряну на ділянці з'єднання леза із боковими сторонами, причому значення висоти поперечного перерізу ножа, виміряної на ділянці між боковими сторонами, є змінним, мінімальним з боку леза ножа та максимальним з боку його тильної сторони, кожна бокова сторона складається з однієї або більше поверхонь, відрізняється тим, що має заглиблення глибиною  $b$ , яке виконане на тій боковій стороні пластини, на яку натікає шар сировини при її подачі чашею кутера, заглиблення простирається по поверхні бокової сторони від границі, що розташована на відстані  $l$  від різальної кромки, до тильної сторони пластини; відстань  $l$  приймає значення від максимального  $l_{max}$  з боку посадочних поверхонь ножа кутера до мінімального  $l_{min}$  з боку найбільш віддаленої від осі обертання ділянки ножа кутера; глибина заглиблення приймає значення від мінімального  $b_{min}$  з боку різальної кромки ножа кутера до максимального  $b_{max}$  з боку тильної сторони ножа кутера.

Корисна модель пояснюється кресленнями, на яких зображено: на фіг. 1 - загальний вигляд ножа кутера за корисною моделлю, що заявляється; на фіг. 2 - поперечний переріз ножа за корисною моделлю, що пропонується; на фіг.3 - поперечний переріз ножа за п. 3 Ф-ли корисної моделі, що заявляється.

Ніж кутера складається (фіг. 1-3) з пластини 1, яка має лезо 2 із різальною кромкою 3 та посадочні поверхні 4 для закріплення в ножовій головці кутера (не показано). Різальна кромка 3 може бути виконана у вигляді прямої, дуги кола зі зміщеним центром, архімедової, логарифмічної або іншого виду спіралі, ламаної, що вписана у криву або поєднання вказаних

форм. Пластина також має дві бокові сторони 5 і 6 та тильну сторону 7. Лезо 2 має заточку 8. Ніж кутера має таку геометричну форму, при якій висота його поперечного перерізу  $h_2$ , виміряна на ділянці поміж боковими сторонами 5 і 6, є більшою за висоту поперечного перерізу  $h_1$ , виміряну на ділянці з'єднання леза 2 із боковими сторонами 5 і 6, причому значення висоти поперечного перерізу ножа  $h_2$  є змінним, мінімальним з боку леза 2 та максимальним з боку тильної сторони 7. На боковій стороні 5 пластини, на яку натікає шар сировини при його подачі чашею кутера, виконане заглиблення 9 глибиною  $S$ . Заглиблення 9 простирається по поверхні бокової сторони 5 від границі, що розташована на відстані  $l$  від різальної кромки 3, до тильної сторони пластини 7. Відстань  $l$  може приймати значення від максимального  $l_{max}$  з боку посадочних поверхонь ножа кутера до мінімального  $l_{min}$  з боку найбільш віддаленої від осі обертання ділянки ножа кутера (фіг. 1). Глибина заглиблення 9 може приймати значення від мінімального  $\delta_{min}$  з боку різальної кромки 3 ножа кутера до максимального  $\delta_{max}$  з боку тильної сторони 7 ножа кутера (фіг. 3).

Ніж кутера працює наступним чином. При обертанні ножової головки кутера (не показано) сировина, яка знаходиться в чаші кутера (не показано), подрібнюється ножами. Подача сировини в зону різання відбувається шляхом обертання чаші в горизонтальній площині, а різання сировини відбувається різальними кромками 3 ножів. Після проміжку часу, тривалість якого визначається технологічними вимогами, чаша та ножовий вал кутера зупиняються, процес подрібнення сировини закінчено.

Виконання ножа кутера за корисною моделлю, що заявляється, призводить до наступного. Як відомо [Hammer G., Stoyanov S. Uber das Kuettern von Bruhwurstbrat. // Mitteilungsblatt der Fleischforschung Kulmbach, № 47, 2008,-243-251.], ножі кутера працюють не з максимальною ефективністю, зокрема - тільки один з ножів ножової головки здійснює різання по всій траєкторії руху в чаші кутера. Це відбувається внаслідок занадто повільного обертання чаші кутера в порівнянні із обертанням ножів, що спричинює занадто повільне надходження сировини в зону різання. Виконання заглиблення 9 на боковій стороні 5 ножа, на яку натікає шар сировини при його подачі чашею кутера, дозволяє зменшити негативний ефект перекрыття ножом простору для надходження сировини в зону різання наступного ножа. Завдяки цьому створюються умови для завантаження сировиною зони різання наступного ножа в ножовій головці кутера. Це дозволяє збільшити частоту різальних дій ножової головки і таким чином підвищити продуктивність кутера.

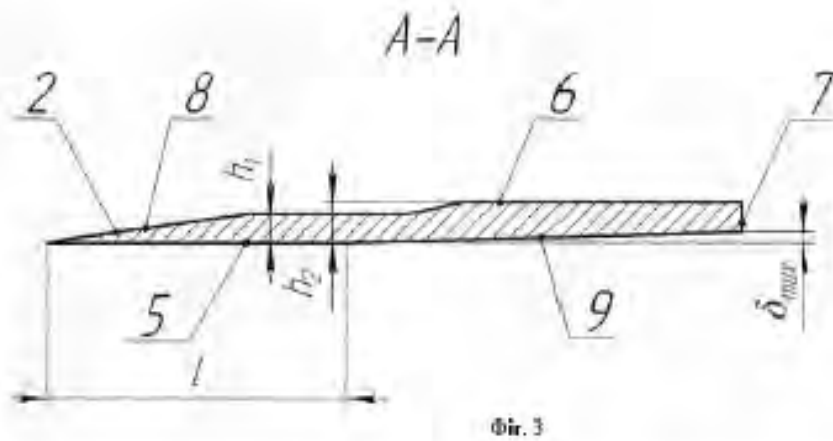
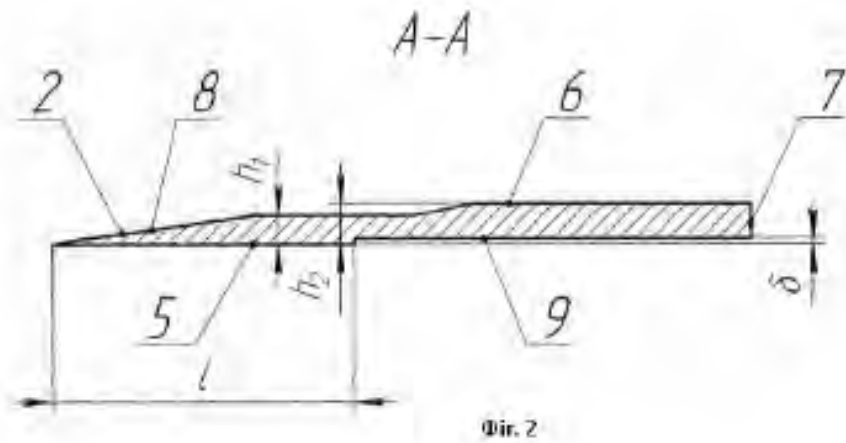
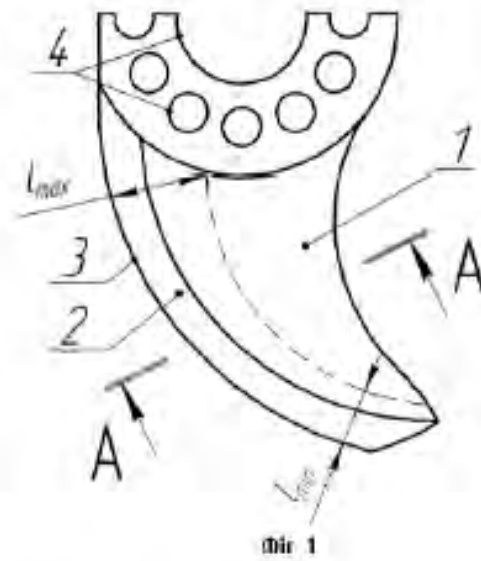
Поряд із цим використання заглиблення 9 дозволяє суттєвим чином зменшити площу контакту ножа із сировиною, що подається чашею кутера, і таким чином зменшити нагрівання фаршу внаслідок тертя. Цим самим також зменшуються енерговитрати на процес кутерування за рахунок зменшення роботи сил тертя. Виконання ножа кутера за пунктами 2 і 3 Ф-ли дозволяє підвищити його міцність без погіршення ефективності його роботи.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Ніж кутера, який виконаний у вигляді пластини, що має посадочні поверхні, дві бокові сторони, тильну сторону та лезо, лезо має заточку та різальну кромку, висота поперечного перерізу ножа, виміряна на ділянці поміж боковими сторонами, є більшою за висоту поперечного перерізу, виміряну на ділянці з'єднання леза із боковими сторонами, причому значення висоти поперечного перерізу ножа, виміряної на ділянці поміж боковими сторонами, є змінним, мінімальним з боку леза ножа та максимальним з боку його тильної сторони, кожна бокова сторона складається з однієї або більше поверхонь, який відрізняється тим, що має заглиблення глибиною  $\delta$ , яке виконане на тій боковій стороні пластини, на яку натікає шар сировини при її подачі чашею кутера, заглиблення простирається по поверхні бокової сторони від границі, що розташована на відстані  $l$  від різальної кромки, до тильної сторони пластини.
2. Ніж кутера за п. 1, який відрізняється тим, що відстань  $l$  приймає значення від максимального  $l_{max}$  з боку посадочних поверхонь ножа кутера до мінімального  $l_{min}$  з боку найбільш віддаленої від осі обертання ділянки ножа кутера.
3. Ніж кутера за п. 1, який відрізняється тим, що глибина заглиблення приймає значення від мінімального  $\delta_{min}$  з боку різальної кромки ножа кутера до максимального  $\delta_{max}$  з боку тильної сторони ножа кутера.



UA 88060 U



Комп'ютерна верстка Г. Паяльников

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український Інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **88061** (13) **U**  
(51) МПК  
*B02C 18/20 (2006.01)*

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

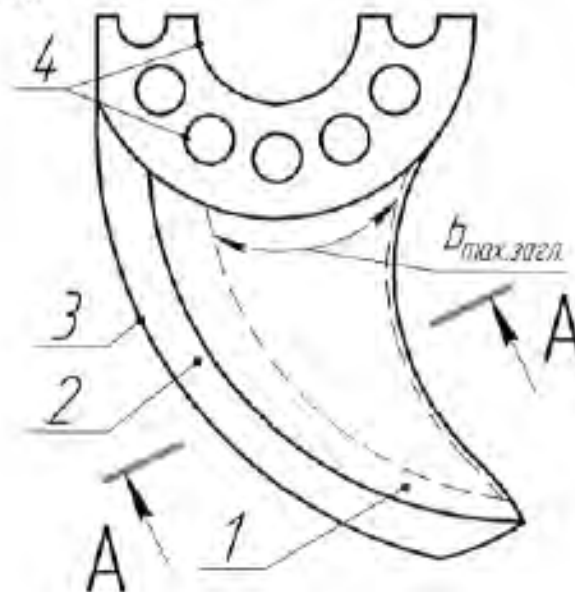
(21) Номер заявки: **u 2013 12245**  
(22) Дата подання заявки: **21.10.2013**  
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: **25.02.2014**  
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: **25.02.2014, Бюл.№ 4**

(72) Винахідник(и):  
Осипенко Василь Іванович (UA),  
Некоз Олександр Іванович (UA),  
Батраченко Олександр Вікторович (UA),  
Кульбака Вікторія Олександрівна (UA)  
(73) Власник(и):  
Батраченко Олександр Вікторович,  
вул. Сумгайтська, 61, кв. 19, м. Черкаси,  
18010 (UA)

**(54) НІЖ КУТЕРА**

**(57) Реферат:**

Ніж кутера виконаний у вигляді пластини, що має посадочні поверхні, дві бокові сторони, тильну сторону та лезо, лезо має різальну кромку, бокова сторона, на яку натікає шар сировини при її подачі чашею кутера, має заглиблення та додаткову подрібнювальну кромку, причому заглиблення і додаткова подрібнювальна кромка виконані такими, що максимальна ширина  $b_{\text{max. загл.}}$  заглиблення та ширина  $b_{\text{кр.}}$  додаткової подрібнювальної кромки пов'язані між собою співвідношенням  $b_{\text{max. загл.}} \geq 5b_{\text{кр.}}$



Фиг. 1

UA 88061 U

## UA 88061 U

Корисна модель належить до м'ясопереробної промисловості і може бути використана для тонкого подрібнення м'ясної сировини при виробництві ковбас, сосисок, сардельок, паштетів.

Відомий ніж кутера, який на бокових поверхнях має наскрізні отвори перфорації, що призначені для підвищення емульгуючої здатності ножа, тобто до підвищення продуктивності кутера при тонкому подрібненні фаршів, отвори перфорації можуть мати круглу, подовжену або інші форми [Bowl cutter knife // патент США на винахід № US 5998917, кл. B02C 18/16, 1997].

Відомий перфорований ніж кутера, який містить отвори перфорації, які розташовані на периферійній частині ножа, що дозволяє підвищити ефективність емульгування фаршу та міцність ножа [патент України на винахід № 66843 кл. B02C 18/20, 2012].

Відомий ніж кутера, на бокових поверхнях якого виконано наскрізні пази, які мають загострені різальні кромки [Нож для тонкого измельчения мясного и рыбного сырья, используемый в куттерах // патент Росії на винахід № 62543 кл. B02C 18/00, 2007].

Недоліками зазначених конструкцій ножів є: недостатня ефективність їх роботи, а саме - недостатня емульгуюча здатність, що обумовлено занадто малою шириною отворів перфорації або пазів, внаслідок цього для подачі сировини чашею кутера в зону емульгування різальними кромками отворів (при застосованих частотах обертання ножів та чаші кутера) залишається занадто мало часу, через що шар сировини не встигає набути товщини, достатньої для ефективного подрібнення (емульгування); понижена міцність ножа через застосування наскрізних отворів або пазів; площа поверхні контакту бокової сторони ножа із сировиною мінімізована не достатньо, що призводить до підвищеного нагріву сировини при кутеруванні.

Відомий ніж кутера, який на бокових поверхнях має наскрізні отвори перфорації, які призначені для підвищення емульгуючої здатності ножа, отвори перфорації виконані достатньо широкими, що певним чином покращує емульгування фаршу [Einrichtung zur verringering des umlaufens von rjhstoffen mittels bremsflächen und antihafbeschichtung an kuttermessern // патент ФРН на винахід № DE 10141712C1, кл. B02C 18/20, 2003].

Недоліки даної конструкції аналогічні попереднім.

Відомий ніж кутера, який має на боковій стороні, на яку натікає шар сировини при її подачі чашею кутера, систему заглиблень малої ширини, кожне з яких має додаткову подрібнювальну кромку [Kuttermesser mit hackund emulgierzonen für den fleischereibedarf // патент ФРН на винахід № DE 3236978A1, кл. B02C 18/20, 1984].

Найбільш близьким до ножа кутера, що пропонується, є ніж кутера, який виконаний у вигляді пластини, що має посадочні поверхні, дві бокові сторони, тильну сторону та лезо, лезо має різальну кромку, бокова сторона, на яку натікає шар сировини при її подачі чашею кутера, має заглиблення та додаткову подрібнювальну кромку, при цьому заглиблення та додаткова подрібнювальна кромка мають криволінійну геометричну форму [Schneidmaschinenmesser für die lebensmittelherstellung // європейський патент на винахід № EP 1985369 A2, кл. B02C 18/20, 2008].

Ножі зазначених конструкцій мають підвищену міцність у порівнянні з перфорованими (внаслідок відсутності наскрізних отворів або пазів), проте їх емульгуюча здатність є недостатньою (через використання пазів занадто малої ширини), що не дозволяє істотно підвищити продуктивність кутера; поряд із цим площу поверхні контакту бокової сторони ножа із сировиною мінімізовано не достатньо, що призводить до підвищеного нагріву сировини при кутеруванні.

В основу корисної моделі поставлена задача отримання нового технічного результату. Технічним результатом є: підвищення продуктивності кутера, зменшення нагріву сировини.

Поставлена задача вирішується тим, що ніж кутера, який виконаний у вигляді пластини, що має посадочні поверхні, дві бокові сторони, тильну сторону та лезо, лезо має різальну кромку, бокова сторона, на яку натікає шар сировини при її подачі чашею кутера, має заглиблення та додаткову подрібнювальну кромку, відрізняється тим, що заглиблення і додаткова подрібнювальна кромка виконані такими, що максимальна ширина  $b_{\text{max.згл.}}$  заглиблення та ширина  $b_{\text{кр.}}$  додаткової подрібнювальної кромки пов'язані між собою співвідношенням  $b_{\text{max.згл.}} \geq 5b_{\text{кр.}}$ ; глибина заглиблення приймає значення від мінімального  $\delta_{\text{min}}$  з боку різальної кромки ножа кутера до максимального  $\delta_{\text{max}}$  з боку додаткової подрібнювальної кромки ножа кутера.

Корисна модель пояснюється кресленнями, на яких зображено: на фіг. 1 - загальний вигляд ножа кутера за корисною моделлю, що пропонується; на фіг. 2 - поперечний переріз ножа за корисною моделлю, що пропонується; на фіг. 3 - поперечний переріз ножа за п. 2 Ф-ли корисної моделі, що заявляється.

## UA 88061 U

Ніж кутера складається (фіг. 1-3) з пластини 1, яка має лезо 2 із різальною кромкою 3 та посадочні поверхні 4 для закріплення в ножовій головці кутера (не показано). Різальна кромка 3 може бути виконана у вигляді прямої, дугою кола зі зміщеним центром, архімедової, логарифмічної або іншого виду спіралі, ламаної, що вписана у криву або поєднання вказаних форм. Пластина також має дві бокові сторони 5 і 6 та тильну сторону 7. На боковій стороні 5 пластини, на яку натікає шар сировини при його подачі чашею кутера, виконане заглиблення 8 шириною  $b_{\text{загл}}$  та глибиною  $\delta$ . Заглиблення 8 простирається по поверхні бокової сторони 5 від границі, що розташована на відстані  $l$  від різальної кромки 3, до додаткової подрібнювальної кромки 9, що розташована з боку тильної сторони пластини 7. Максимальна ширина  $b_{\text{max, загл}}$  заглиблення 8 та ширина  $b_{\text{кр}}$  додаткової подрібнювальної кромки 9 пов'язані між собою співвідношенням  $b_{\text{max, загл}} \geq 5b_{\text{кр}}$ . Глибина заглиблення 8 може приймати значення від мінімального  $\delta_{\text{min}}$  з боку різальної кромки 3 ножа кутера до максимального  $\delta_{\text{max}}$  з боку додаткової подрібнювальної кромки 9 ножа кутера (фіг. 3).

Ніж кутера працює наступним чином. При обертанні ножової головки кутера (не показано) сировина, яка знаходиться в чаші кутера (не показано), подрібнюється ножами. Подача сировини в зону різання відбувається шляхом обертання чаші в горизонтальній площині, а різання сировини відбувається різальними кромками 3 та додатковими подрібнювальними кромками 9 ножів. При цьому різання кускової та охолодженої сировини відбувається переважно кромками 3 ножів, а емульгування фаршів при тонкому їх подрібненні - переважно додатковими подрібнювальними кромками 9 ножів. Після проміжку часу, тривалість якого визначається технологічними вимогами, чаша та ножовий вал кутера зупиняються, процес подрібнення сировини закінчено.

Виконання ножа кутера за корисною моделлю, що заявляється, призводить до наступного. Як відомо [Hammer G., Stoyanov S. Uber das Kuettern von Bruhwurstbrat. // Mitteilungsblatt der Fleischforschung Kulmbach, № 47, 2008, - 243-251.], в кутерах спостерігається занадто повільне надходження сировини в зону різання, що відбувається внаслідок занадто повільного обертання чаші кутера в порівнянні із обертанням ножів. Виконання ножа кутера за п. 1 Ф-ли корисної моделі, що заявляється, дозволяє забезпечити умови, при яких під додаткову подрібнювальну кромку 9 подаватиметься шар сировини більшої товщини. Це дозволить гарантовано забезпечити участь додаткової подрібнювальної кромки 9 в процесі подрібнення сировини, що в свою чергу дозволить підвищити продуктивність кутера.

Поряд із цим використання заглиблення 8, що виконане за п. 1 Ф-ли, дозволяє суттєвим чином зменшити площу контакту ножа із сировиною, що подається чашею кутера, і таким чином зменшити нагрівання фаршу внаслідок тертя. Цим самим також зменшуються енерговитрати на процес кутерування за рахунок зменшення роботи сил тертя.

Виконання ножа кутера за пунктом 2 Ф-ли дозволяє підвищити його міцність без погіршення ефективності його роботи.

## ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

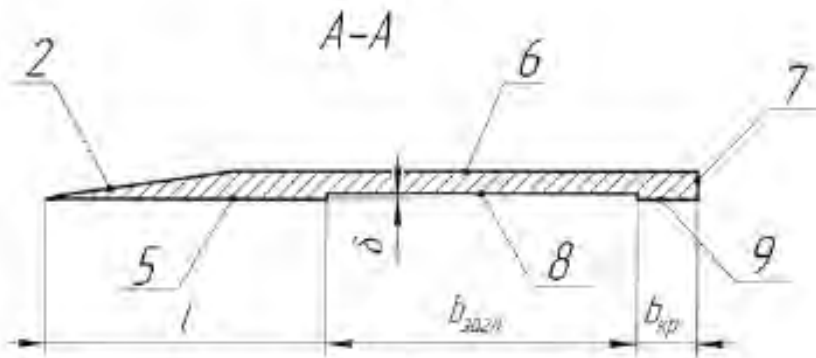
1. Ніж кутера, який виконаний у вигляді пластини, що має посадочні поверхні, дві бокові сторони, тильну сторону та лезо, лезо має різальну кромку, бокова сторона, на яку натікає шар сировини при її подачі чашею кутера, має заглиблення та додаткову подрібнювальну кромку, який відрізняється тим, що заглиблення і додаткова подрібнювальна кромка виконані такими, що максимальна ширина  $b_{\text{max, загл}}$  заглиблення та ширина  $b_{\text{кр}}$  додаткової подрібнювальної кромки пов'язані між собою співвідношенням  $b_{\text{max, загл}} \geq 5b_{\text{кр}}$ .

2. Ніж кутера за п. 1, який відрізняється тим, що глибина заглиблення приймає значення від мінімального  $\delta_{\text{min}}$  з боку різальної кромки ножа кутера до максимального  $\delta_{\text{max}}$  з боку додаткової подрібнювальної кромки ножа кутера.

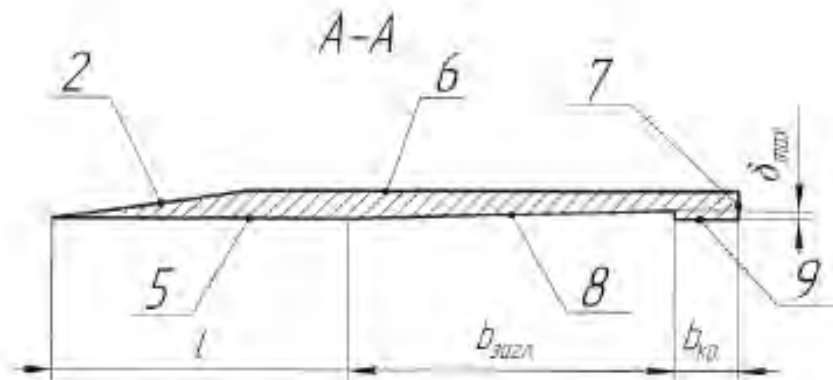
UA 88061 U



Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3

Комп'ютерна верстка Г. Пяльніков

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601



УКРАЇНА

(19) UA (11) 126397 (13) U

(51) МПК

B02C 18/18 (2006.01)

B02C 18/06 (2006.01)

B02C 18/20 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: а 2016 02704	(72) Винахідник(и): Батраченко Олександр Вікторович (UA)
(22) Дата подання заявки: 18.03.2016	(73) Власник(и): Батраченко Олександр Вікторович, вул. Сумгайтська, 61, кв. 19, м. Черкаси, 18010 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 25.06.2018	
(41) Публікація відомостей про заявку: 25.09.2017, Бюл.№ 18	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.06.2018, Бюл.№ 12	

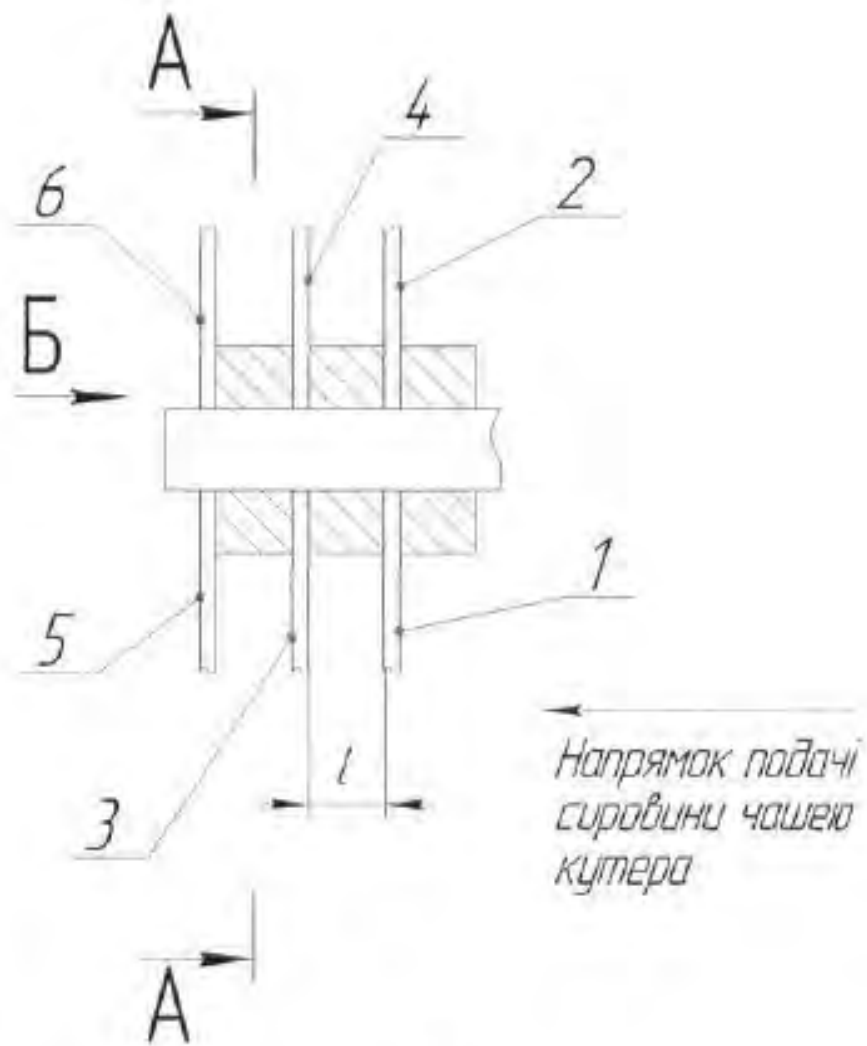
## (54) НОЖОВА ГОЛОВКА КУТЕРА

## (57) Реферат:

Ножова головка кутера складається щонайменше з двох ножів, які розташовані в паралельних площинах обертання і можуть бути зміщені один відносно одного у фронтальній площині. Кожен ніж, розташований в наступній площині обертання у напрямку подачі сировини чашею кутера, встановлений зі зміщенням на кут  $\alpha$  у фронтальній площині в напрямку, протилежному напрямку обертання ножової головки щодо відповідного ножа, розташованого у попередній площині обертання ножів у напрямку подачі сировини чашею кутера. Значення кута  $\alpha$  визначається виразом  $0 < \alpha \leq \alpha_{\max}$ , де  $\alpha_{\max} = \frac{60 \cdot l}{R_n \cdot \cos \beta}$ ;  $l$  - відстань між двома сусідніми площинами обертання ножів, м;  $R_n$  - максимальний радіус обертання лева ножа, м;  $\beta$  - кут загострення лева ножа, який обертається в попередній площині обертання у напрямку подачі сировини чашею кутера.

UA 126397 U

UA 126397 U



Фіг. 1

## UA 126397 U

Корисна модель належить до м'ясопереробної промисловості і може бути використана для тонкого подрібнення м'ясної сировини при виробництві ковбас, сосисок, сардельок, паштетів.

Відома ножова головка кутера, яка містить ножі, що розміщені попарно і різних площинах обертання (різання), причому в торцевій проекції ножової головки ножі розміщені з однаковим кутовим кроком, що утворює рівномірне розташування ножів по колу в торцевій проекції (АС СРСР № 1778200, кл. В02С 18/06, 1988).

Недоліками такого розташування ножів в ножовій головці є недостатньо висока різальна здатність кутера (його продуктивність), а також підвищений нагрів фаршу внаслідок високошвидкісного тертя об чашу. Причиною цього є те, що, як відомо (Хаммер Г., Стоянов С. Участие второго ножа куттера в измельчении фарша // Мясные технологии, № 7, 2010. - С. 42-46), ножі, які розташовані в першій по напрямку обертання чаші кутера площині різання, зкосами своїх лез інтенсивно відкидають відрізані пласти фаршу на кшталт пропелера. При цьому пласти фаршу пролітають крізь зону різання з високою швидкістю, майже не підлягають подрібненню іншими ножами ножової головки, ударяються об стінку чаші та труться по ній з високою швидкістю ковзання, внаслідок чого підвищується температура фаршу, що для якості та кількості виготовленого м'ясного продукту є критичним.

Відомі ножові головки кутерів, які містять ножі, що розміщені в торцевій проекції з неоднаковими кутовими кроками (Промисловий каталог фірми KILIA Fleischerei- und Spezial Maschinen Fabrik GmbH [Електронний ресурс]. - Німеччина, 2016. - Режим доступу: [www.kilia.com](http://www.kilia.com); Промисловий каталог фірми Knecht Maschinenbau GmbH [Електронний ресурс]. - Німеччина, 2016. - Режим доступу: [www.knecht-smbh.gmbh.de](http://www.knecht-smbh.gmbh.de); "Cutter knife for preparation of meat", патент США на винахід № 3897020, кл. В02С18/18, 1973; "Meat cutter", патент США на винахід № 2009/0126582, кл. В02С18/06, 2009).

Такі і подібні ножові головки мають такі самі недоліки, які вказано вище. Задачу підвищення продуктивності кутера не вирішено, оскільки інтенсивно відкидають сировину саме ножі першої різальної площини, а в означених ножових головках відсутні необхідні конструктивні рішення для утримання відрізаних пластів фаршу в зоні різання.

Відомі ножові головки з бар'єрними ножами, які призначені затримувати сировину в зоні різання під час її подрібнення (Степанов В.С. Куттерные ножи: барьерные в комплекте с перфорированными // Мясные технологии, № 6, 2010. - С. 16-18.; патент ФРН на винахід № 20 2005 012 121 U1, 2006; патент ФРН на винахід № 20 2004 007 487 U1, 2004).

Недоліки таких ножових головок аналогічні, вказаним вище. Взаємне розташування бар'єрних ножів, які встановлені в останній по напрямку обертання чаші кутера площині різання, та ножів першої площини різання не дозволяє надійно затримувати пласти фаршу, які відрізані ножами першої площини різання. Це відбувається внаслідок того, що пласти фаршу рухаються (летять) зі швидкістю, наближеною до швидкості різання, а відтак вони встигають покинути зону різання до того, як бар'єрні ножі, що розташовані в останній площині різання, встигнуть зайняти необхідне положення (одним із ножів донизу).

Найбільш близьким аналогом за технічною суттю до запропонованої ножової головки, є ножова головка кутера, яка складається з щонайменше двох ножів, які розташовані в паралельних площинах обертання і можуть бути зміщені один відносно одного у фронтальній площині (АС СРСР № 1778200, МПК В02С 18/06, 1988). Недоліки аналогічні попереднім.

В основу корисної моделі поставлена задача отримання нового технічного результату - підвищення продуктивності кутера, зменшення нагріву фаршу.

Поставлена задача вирішується тим, що ножова головка кутера, яка складається з щонайменше двох ножів, які розташовані в паралельних площинах обертання і можуть бути зміщені один відносно одного у фронтальній площині, згідно з корисною моделлю, кожен ніж, який розташований в наступній площині обертання по напрямку подачі сировини чашею кутера, встановлений зі зміщенням на кут  $\alpha$  у фронтальній площині в напрямку, зворотному обертанню ножової головки, по відношенню до відповідного ножа, який розташований у попередній площині обертання ножів по напрямку подачі сировини чашею кутера, значення кута  $\alpha$

визначається за виразом  $0 < \alpha \leq \alpha_{\max}$ , де  $\alpha_{\max} = \frac{80 \cdot l}{R_n \cdot \cos \beta}$ ,  $l$  - відстань між двома сусідніми

площинами обертання ножів, м;  $R_n$  - максимальний радіус обертання лева ножа, м;  $\beta$  - кут заострення лева ножа, який обертається в попередній площині обертання по напрямку подачі сировини чашею кутера.

Корисна модель пояснюється кресленнями, на яких зображено загальний вид ножової головки кутера за винаходом, що пропонується: на фіг. 1 - вид збоку; на фіг. 2 - поперечний перетин ножової головки; на фіг. 3 - вид спереду.



## UA 126397 U

Ножова головка кутера складається щонайменше з ножів 1 і 3, які розташовані в паралельних площинах обертання. Ніж 3 розташований по відношенню до ножа 1 повернутим зі зміщенням на кут  $\alpha$  у фронтальній площині. Значення кута  $\alpha$  лежить в межах  $0 < \alpha \leq \alpha_{\max}$ .

Максимальне значення кута зміщення дорівнює:  $\alpha_{\max} = \frac{60 \cdot l}{R_n \cdot \cos \beta}$ , де  $l$  - відстань між двома

- 5 сусідніми площинами обертання ножів,  $m$ ;  $R_n$  - максимальний радіус обертання леза ножа,  $m$ ;  $\beta$  - кут загострення леза ножа, який обертається в попередній площині обертання по напрямку подачі сировини чашею кутера.

- 10 Якщо ножова головка містить більше ножів, наприклад 1-8, то кожен ніж наступної площини обертання зміщений на кут  $\alpha$  по відношенню до відповідного ножа попередньої площини обертання.

Ножова головка кутера працює наступним чином.

- 15 При обертанні ножової головки кутера сировина, яка знаходиться в чаші кутера (не показано), подрібнюється ножами 1-8. Після проміжку часу, тривалість якого визначається технологічними вимогами, чаша та ножовий вал кутера зупиняються, процес подрібнення сировини закінчено.

При подрібненні сировини ножі 1 і 2, які розташовані в першій по напрямку обертання чаші кутера площині різання, скосами своїх лез інтенсивно відкидають відрізані пласти сировини на кшталт пропелера.

- 20 Вказане взаємне розташування ножів попередньої та наступної по напрямку подачі сировини чашею кутера площин різання призводить до того, що пласти сировини після відрізання, наприклад, ножем 1 пролітають відстань між двома сусідніми площинами різання і вдаряються об бокову поверхню ножа, який розташований у другій по напрямку подачі сировини чашею кутера площині різання, наприклад 3. Через це відрізаний пласт сировини залишається в зоні різання поміж цими двома вказаними площинами різання.

- 25 Внаслідок цього даний пласт сировини чашею кутера при її обертанні подається під ножі 3 і 4, які розташовані у другій по напрямку подачі сировини чашею кутера площині різання, чим забезпечується додаткове подрібнення сировини, тобто підвищується продуктивність кутера.

- 30 Через те, що в таких умовах відрізаний пласт сировини не пролітає крізь усю зону різання і не ковзає по стінці чаші з високою швидкістю, зменшується непродуктивний нагрів фаршу, що призводить до збільшення виходу готового продукту і поліпшенню його якості.

Взаємне розташування ножів при  $\alpha = \alpha_{\max}$  дозволяє забезпечити найбільш повне утримання сировини в зоні різання поміж двома сусідніми площинами обертання, що найбільш ефективно підвищує продуктивність кутера.

### 35 ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

- Ножова головка кутера, яка складається щонайменше з двох ножів, які розташовані в паралельних площинах обертання і можуть бути зміщені один відносно одного у фронтальній площині, яка відрізняється тим, що кожен ніж, розташований в наступній площині обертання у напрямку подачі сировини чашею кутера, встановлений зі зміщенням на кут  $\alpha$  у фронтальній площині в напрямку, протилежному напрямку обертання ножової головки щодо відповідного ножа, розташованого у попередній площині обертання ножів у напрямку подачі сировини чашею

кутера, при цьому значення кута  $\alpha$  визначається виразом  $0 < \alpha \leq \alpha_{\max}$ , де  $\alpha_{\max} = \frac{60 \cdot l}{R_n \cdot \cos \beta}$ ;  $l$  -

- 45 відстань між двома сусідніми площинами обертання ножів,  $m$ ;  $R_n$  - максимальний радіус обертання леза ножа,  $m$ ;  $\beta$  - кут загострення леза ножа, який обертається в попередній площині обертання у напрямку подачі сировини чашею кутера.



UA 126397 U

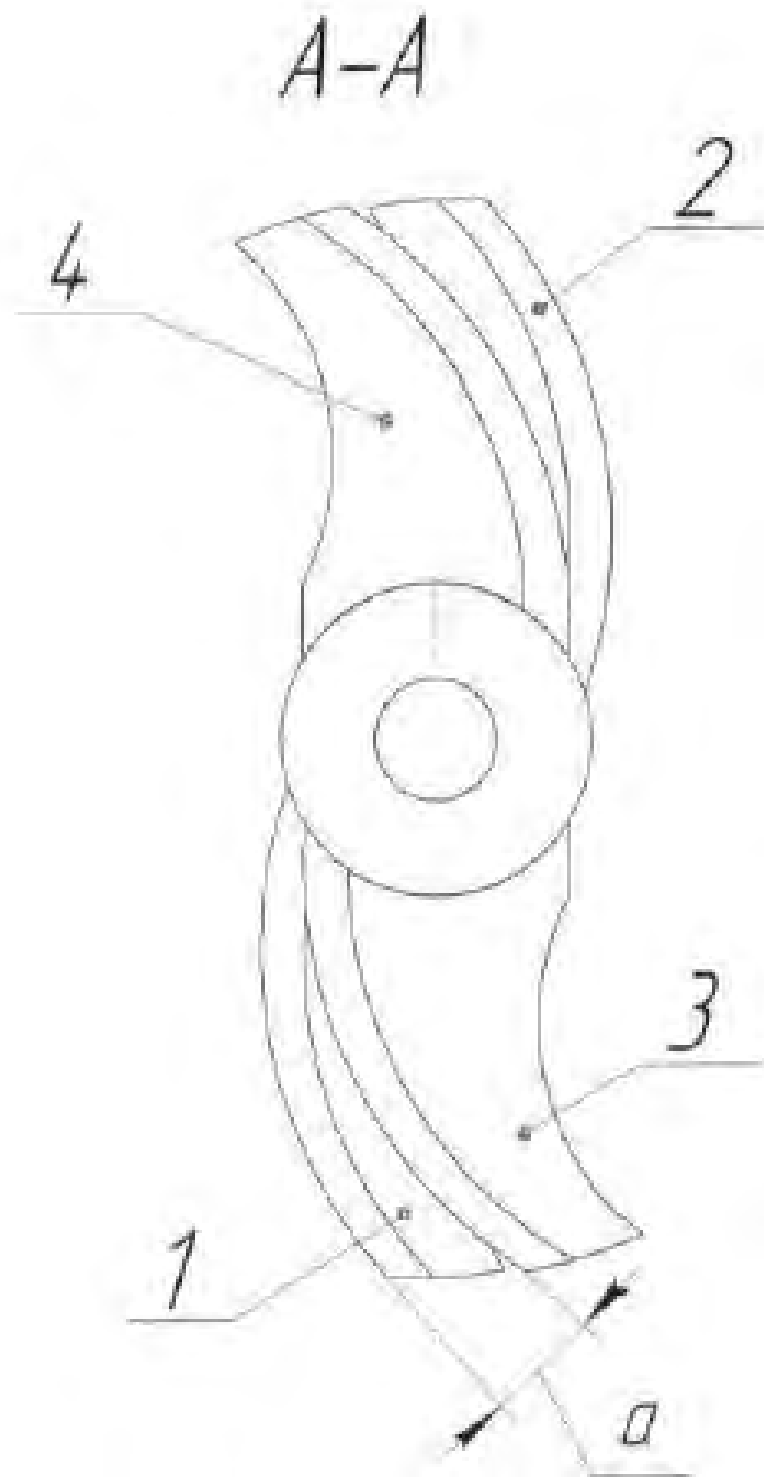
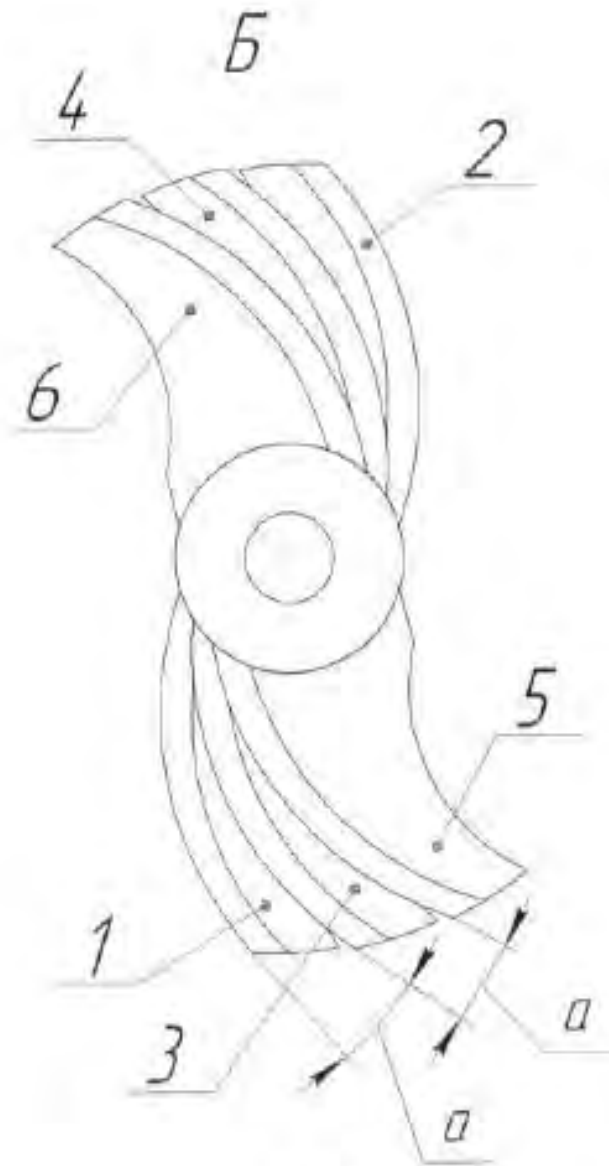


Fig. 2

UA 126397 U



Фиг. 3

---

 Комп'ютерна верстка А. Крулевський
 

---

 Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна
 

---

 ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601
 

---



МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **132446** (13) **U**  
(51) МПК (2019.01)  
B02C 18/00

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

<p>(21) Номер заявки: <b>u 2018 09782</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>01.10.2018</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>25.02.2019</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>25.02.2019, Бюл.№ 4</b></p>	<p>(72) Винахідник(и): <b>Хандюк Микола Васильович (UA), Філімонова Надія Вікторівна (UA), Філімонов Сергій Олександрович (UA), Батраченко Олександр Вікторович (UA)</b></p> <p>(73) Власник(и): <b>Батраченко Олександр Вікторович, вул. Сумгаїтська, 61, кв. 19, м. Черкаси, 18010 (UA)</b></p>
---	---

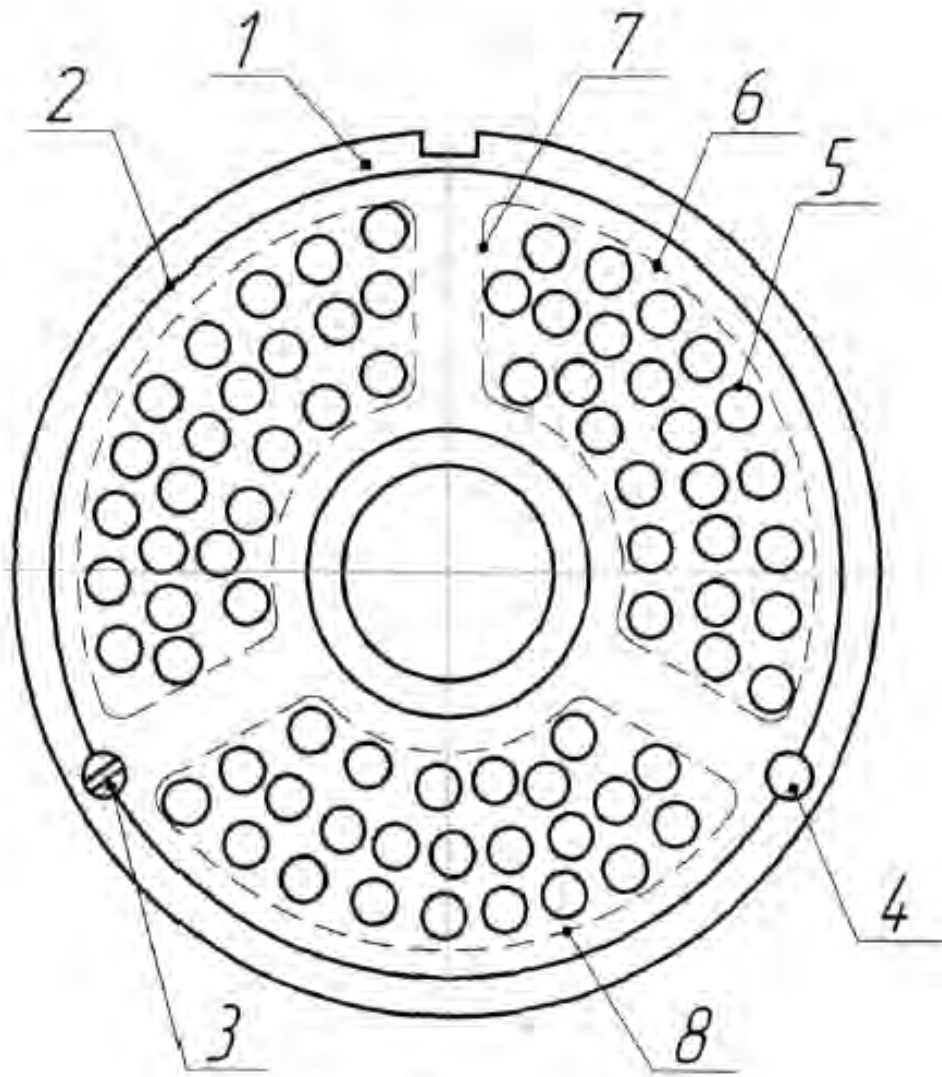
**(54) РЕШІТКА ПРИСТРОЮ ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ ХАРЧОВОЇ СИРОВИНИ**

**(57) Реферат:**

Решітка пристрою для подрібнення харчової сировини містить корпус, змінну пластину, щонайменше один кріпильний елемент і щонайменше один орієнтувальний елемент, змінна пластина має наскрізні отвори, корпус має наскрізні вікна. Розмір наскрізних вікон корпусу більший за розмір наскрізних отворів змінної пластини, наскрізні отвори змінної пластини розміщені в межах наскрізних вікон корпусу таким чином, що подрібнювальна сировина під час подрібнення входить у решітку пристрою для подрібнення харчової сировини крізь наскрізні отвори змінної пластини, а виходить з решітки пристрою для подрібнення харчової сировини крізь наскрізні вікна корпусу, наскрізні вікна корпусу виконані таким чином, що їх поперечний переріз являє собою фігуру, утворену прямими відрізками, криволінійними відрізками або їх поєднанням.

**UA 132446 U**

UA 132446 U



Фиг. 1

## UA 132446 U

Корисна модель належить до м'ясопереробної промисловості і може бути використана для подрібнення м'ясної сировини при виробництві ковбас, сосисок, сардельок, паштетів тощо.

Найбільш близьким аналогом до решітки, що пропонується, є решітка збірна до пристрою для подрібнення м'яса, яка містить центральну частину та дві накладні частини, які приєднуються до центральної частини з обох її торців за допомогою кріпильних елементів [Патент України на корисну модель № 39838 кл. B02C 18/00, A22C 17/00, 2009].

Недоліками решітки є великий гідравлічний опір руху сировини в отворах решітки. Це призводить до зменшення продуктивності пристрою для подрібнення харчової сировини, підвищеного стискання харчової сировини та до збільшення енергоємності процесу подрібнення. Ще одним недоліком є те, що конструкція решітки не дозволяє використовувати центральну частину для трьох типів решіток вовчка - приймальної, проміжної та вихідної, які мають отвори різних діаметрів. Це призводить до необхідності використовувати центральні частини трьох типів, що здорожує експлуатацію пристрою для подрібнення харчової сировини (вовчка або ін.).

В основу корисної моделі поставлена задача зменшення опору руху сировини всередині отворів решітки та зменшення експлуатаційних витрат.

Поставлена задача вирішується тим, що решітка пристрою для подрібнення харчової сировини, яка містить корпус, змінну пластину, щонайменше один кріпильний елемент і щонайменше один орієнтувальний елемент, змінна пластина має наскрізні отвори, корпус має наскрізні вікна, згідно з корисною моделлю, розмір наскрізних вікон корпусу більший за розмір наскрізних отворів змінної пластини, наскрізні отвори змінної пластини розміщені в межах наскрізних вікон корпусу таким чином, що подрібнювальна сировина під час подрібнення входить у решітку пристрою для подрібнення харчової сировини крізь наскрізні отвори змінної пластини, а виходить з решітки пристрою для подрібнення харчової сировини крізь наскрізні вікна корпусу, наскрізні вікна корпусу виконані таким чином, що їх поперечний переріз являє собою фігуру, утворену прямими відрізками, криволінійними відрізками або їх поєднанням.

Суть корисної моделі пояснюється кресленнями, на яких зображено: на Фіг. 1 - загальний вигляд решітки пристрою для подрібнення харчової сировини, що пропонується; на Фіг. 2 - її поперечний переріз; на Фіг. 3-5 - випадки виконання змінної пластини (діаметр та кількість наскрізних отворів).

Решітка пристрою для подрібнення харчової сировини містить (Фіг. 1-5) корпус 1, змінну пластину 2, щонайменше один кріпильний елемент 3 і щонайменше один орієнтувальний елемент 4. Змінна пластина 2 має наскрізні отвори 5, корпус 1 має наскрізні вікна 6. Розмір наскрізних вікон 6 корпусу більший за розмір наскрізних отворів 5 змінної пластини. Наскрізні отвори 5 змінної пластини розміщені в межах наскрізних вікон 6 корпусу таким чином, що подрібнювальна сировина під час подрібнення входить у решітку пристрою для подрібнення харчової сировини крізь наскрізні отвори 5 змінної пластини 2, а виходить з решітки крізь наскрізні вікна 6 корпусу 1. Наскрізні вікна 6 корпусу 1 виконані таким чином, що їх поперечний переріз являє собою фігуру, утворену прямими відрізками 7, криволінійними відрізками 8 або їх поєднанням.

Решітка пристрою для подрібнення харчової сировини працює наступним чином.

Сировина, що подрібнюється, подається до різального вузла пристрою для подрібнення харчової сировини (не вказаний), де подрібнюється обертовим ножом в парі з решіткою пристрою для подрібнення м'ясної сировини. Сировина подрібнюється різальними кромками наскрізних отворів 5, а виходить крізь наскрізні вікна 6. Завдяки цьому забезпечується заданий (дрібний) ступінь подрібнення сировини і в той же час створюються умови для легкого проходження сировини крізь решітку.

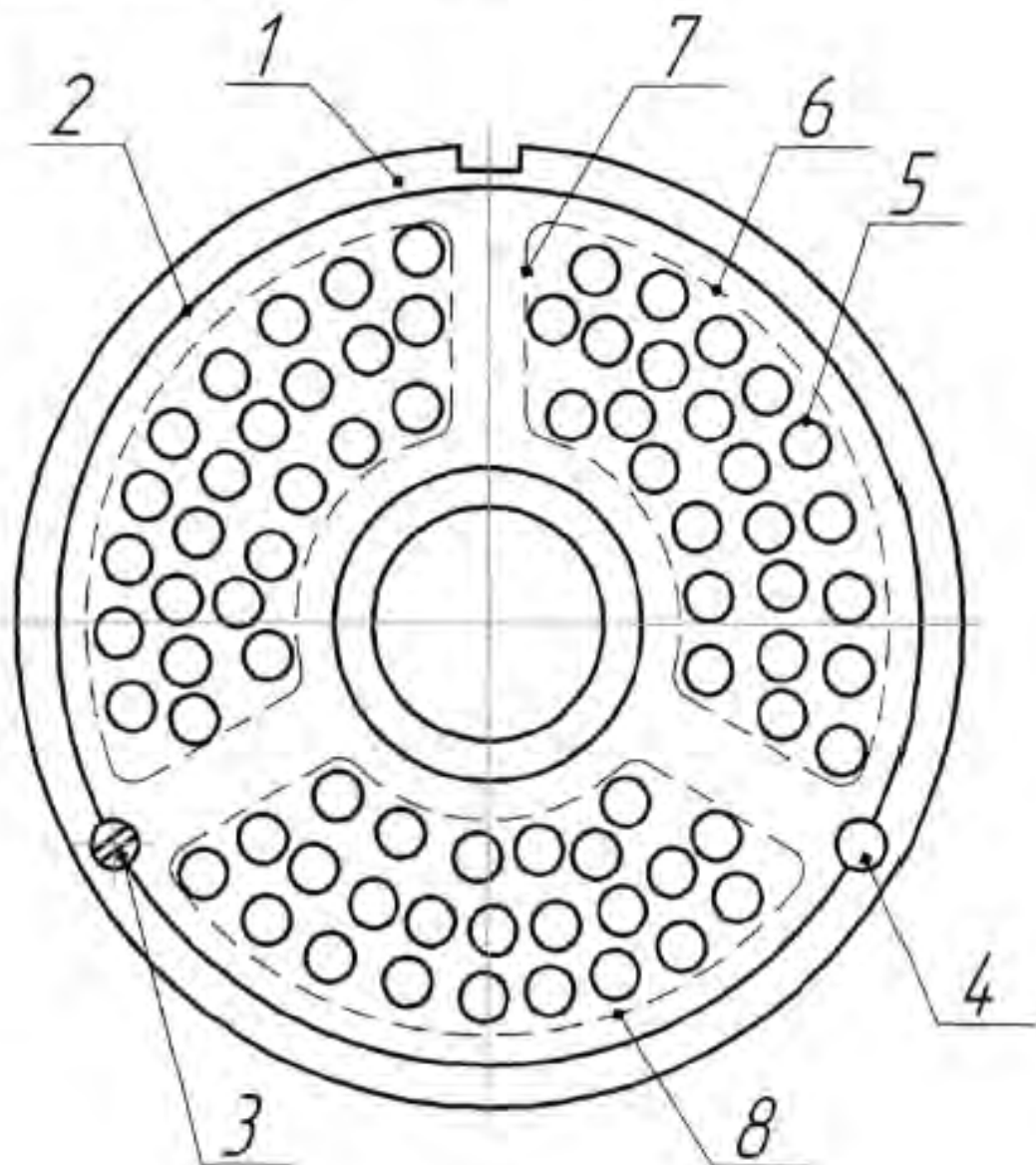
Це відбувається тому, що гідравлічний опір отворів решітки залежить від їх довжини, причому ця залежність має експоненціальний характер [Некоз О.І. Розрахунок величини тиску опору технологічних отворів решіток вовчка / О.І. Некоз, В.В. Шевченко, С.Б. Вербицький, О.В. Батраченко // Вісник Черкаського державного технологічного університету. - 2008. - № 3. - С. 156-161]. Таким чином, в решітці пристрою для подрібнення харчової сировини за винаходом, що пропонується, гідравлічний опір суттєво мінімізовано, що призводить до підвищення продуктивності пристрою для подрібнення харчової сировини, зменшення стискання сировини та до зменшення енергоємності процесу подрібнення.

Також, конструкція решітки, за корисною моделлю, що пропонується, дозволяє використовувати один тип корпусу для трьох типів решіток пристрою для подрібнення харчової сировини (вовчка або ін.) - вихідної (Фіг. 3), проміжної (Фіг. 4), приймальної (Фіг. 5). Ступінь подрібнення в цих решітках може змінюватись лише заміною змінної пластини, що суттєво зменшує витрати на експлуатацію пристрою для подрібнення харчової сировини.

UA 132446 U

## ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

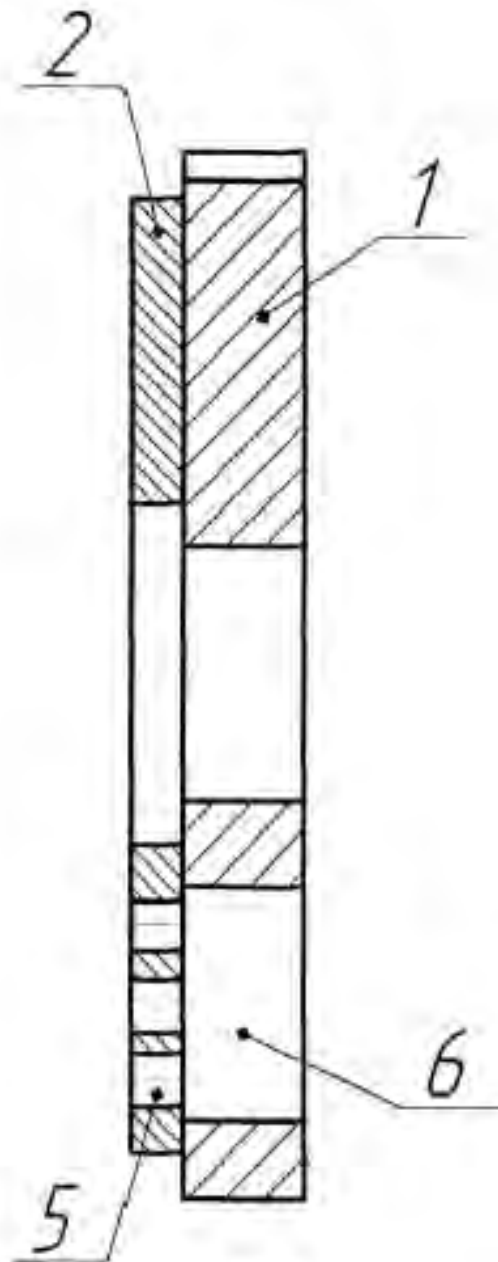
- 5 Решітка пристрою для подрібнення харчової сировини, яка містить корпус, змінну пластину, щонайменше один кріпильний елемент і щонайменше один орієнтувальний елемент, змінна пластина має наскрізні отвори, корпус має наскрізні вікна, яка відрізняється тим, що розмір наскрізних вікон корпусу більший за розмір наскрізних отворів змінної пластини, наскрізні отвори змінної пластини розміщені в межах наскрізних вікон корпусу таким чином, що подрібнювальна сировина під час подрібнення входить у решітку пристрою для подрібнення харчової сировини крізь наскрізні отвори змінної пластини, а виходить з решітки пристрою для подрібнення харчової сировини крізь наскрізні вікна корпусу, наскрізні вікна корпусу виконані таким чином, що їх поперечний переріз являє собою фігуру, утворену прямими відрізками, криволінійними відрізками або їх поєднанням.
- 10



Фіг. 1



UA 132446 U



Фиг. 2

Список публікацій здобувача за темою дисертації та відомості про  
апробацію результатів дисертації

1. Некоз О. І., Батраченко О. В., Литовченко І. М. Дослідження умов контакту ножів кутера із сировиною з метою підвищення їх міцності // Вісник Черкаського державного технологічного університету: зб. наук. пр. / Черкаський державний технологічний університет. Черкаси: ЧДТУ, 2012. № 1. С. 108–114. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України.** *Внесок здобувача: висунення гіпотези про відповідні особливості гідродинаміки сировини, проведення чисельного моделювання руху потоку сировини навколо ножа кутера, вироблення ідеї про конструкцію ножа перемінної товщини, проведення чисельного моделювання напружено-деформованого стану ножів стандартної та розробленої конструкцій, висновки.*

2. Некоз О. І., Батраченко О. В., Філімонова Н. В., Філімонов С. О. Зменшення металоємності ножів м'ясорізальних вовчків // Вісник Черкаського державного технологічного університету: зб. наук. пр. / Черкаський державний технологічний університет. Черкаси: ЧДТУ, 2013. № 3. С. 154–161. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України.** *Внесок здобувача: проведення чисельного моделювання напружено-деформованого стану ножів найбільш поширених на практиці конструкцій, формулювання висновків та рекомендацій щодо конструктивного виконання ножів.*

3. Некоз О. І., Осипенко В. І., Батраченко О. В. Підвищення ефективності різальної дії ножів кутера // Вісник Черкаського державного технологічного університету: зб. наук. пр. / Черкаський державний технологічний університет. Черкаси: ЧДТУ, 2013. № 4. С. 120–126. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України.** *Внесок здобувача: розробка математичного апарату визначення товщини шару*

*сировини, яка зрізується ножами кутера, що розташовані в першій по напрямку руху сировини площині різання, розробка нових конструкцій ножів та кількісне обґрунтування підвищеної ефективності їх роботи, висновки.*

4. Батраченко О. В. Моделювання умов силового навантаження ножів кутера // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія «Технічні науки» / Вінницький національний аграрний університет. Вінниця: ВНАУ, 2014. № 2. С. 136–141. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України.**

5. Батраченко О. В. Вплив конструктивних параметрів ножів кутера на частоти їх власних коливань // Вібрації в техніці та технологіях: зб. наук. пр. / Вінницький національний аграрний університет. Вінниця: ВНАУ, 2015. № 1. С. 122–128. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України.**

6. Некоз О. І., Батраченко О. В., Мирошніченко К. А. Обґрунтування шляхів зменшення нагріву фаршу при його подрібненні в емульсаторі // Вісник Черкаського державного технологічного університету: зб. наук. пр. / Черкаський державний технологічний університет. Черкаси: ЧДТУ, 2015. № 2. С. 91–98. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України.** *Внесок здобувача: вироблення концепції зменшення нагріву фаршу за рахунок модифікації пари тертя «ніж–решітка», розробка нової будови різального вузла зі зменшеною площею тертя ножа об решітку, проведення чисельного моделювання напружено-деформованого стану решіток стандартної та розробленої конструкції, математична обробка отриманих результатів, висновки.*

7. Некоз О. І., Батраченко О. В., Філімонова Н. В. Дослідження інтенсивності зношування лез ножа вовчка // Вісник Черкаського державного технологічного університету: зб. наук. пр. / Черкаський державний технологічний університет. Черкаси: ЧДТУ, 2013. № 2. С. 128–132. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України.** *Внесок здобувача: висунення гіпотези про нерівномірну подачу сировини в різальному*

*вузлі вовчка і про диференційоване зношування окремих лез ножа, проведення натурних та лабораторних досліджень, аналіз отриманих результатів, формулювання висновків.*

8. Некоз О. І., Батраченко О. В., Філімонова Н. В. Гідравлічний опір різального вузла вовчків // Вісник Хмельницького національного університету: зб. наук. пр. / Хмельницький національний технічний університет. Хмельницький: ХНУ, 2015. № 3. С. 13–19. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України і яке включено до міжнародних наукометричних баз.** *Внесок здобувача: розробка конструкції пристрою для дослідження гідравлічного опору, проведення досліджень, математична обробка результатів досліджень, висновки.*

9. Осипенко В. І., Філімонова Н. В., Батраченко О. В. Теоретичне визначення коефіцієнта продуктивності вовчка // Вісник Хмельницького національного університету: зб. наук. пр. / Хмельницький національний технічний університет. Хмельницький: ХНУ, 2015. № 5. С. 101–106. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України і яке включено до міжнародних наукометричних баз.** *Внесок здобувача: розробка математичного апарату по визначенню коефіцієнта продуктивності вовчка, формулювання висновків.*

10. Мирошніченко К. А., Батраченко О. В. Витратні характеристики бункерів емульсаторів // Вісник Хмельницького національного університету: зб. наук. пр. / Хмельницький національний технічний університет. Хмельницький: ХНУ, 2016. № 5. С. 14–18. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України і яке включено до міжнародних наукометричних баз.** *Внесок здобувача: вироблення гіпотези про істотний вплив конфігурації бункера на продуктивність емульсатора і нагрів сировини в його різальному вузлі, проведення експериментальних досліджень, обробка отриманих результатів, формулювання висновків.*

11. Батраченко О. В., Литовченко І. М. Дослідження гідродинаміки м'ясної сировини в бункері емульсатору з горизонтальним живлячим

патрубком // Вісник Хмельницького національного університету: зб. наук. пр. / Хмельницький національний технічний університет. Хмельницький: ХНУ, 2017. № 2. С. 7–12. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України і яке включено до міжнародних наукометричних баз.** *Внесок здобувача: проведення чисельного моделювання гідродинаміки сировини в бункер того типу, який найчастіше використовується в емульситаторах, аналіз отриманих результатів, формулювання рекомендацій щодо конструктивних і геометричних параметрів бункерів, які б мали більшу пропускну здатність.*

12. Мирошніченко К. А., Батраченко О. В. Реологічні властивості основних видів м'ясного фаршу, що переробляються в емульситаторі // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. / Харків. держ. ун-т харчування та торгівлі. Харків: ХДУХТ, 2017. № 2. С. 206–218. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України і яке включено до міжнародних наукометричних баз.** *Внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень та обробка їх результатів, формулювання висновків.*

13. Мирошніченко К. А., Батраченко О. В. Адгезійні властивості основних видів м'ясних фаршів, що найчастіше переробляються в емульситаторі // Вісник Черкаського державного технологічного університету: зб. наук. пр. / Черкаський державний технологічний університет. Черкаси: ЧДТУ, 2017. № 2. С. 99–104. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України і яке включено до міжнародних наукометричних баз.** *Внесок здобувача: висунення робочої гіпотези про істотний вплив матеріалу стінок бункера емульситатора на його пропускну здатність, проведення експериментальних досліджень та обробка їх результатів.*

14. Батраченко О. В. Пошук перспективних шляхів розвитку технічної системи на основі методики статистичних даних // Вісник Черкаського державного технологічного університету: зб. наук. пр. / Черкаський державний технологічний університет. Черкаси: ЧДТУ, 2017. № 3. С. 57–64. **Стаття у**

**науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України і яке включено до міжнародних наукометричних баз.**

15. Осипенко В. І., Філімонова Н. В., Батраченко О. В. Чисельне моделювання подачі м'ясної сировини шнеком вовчка // Вісник Хмельницького національного університету: зб. наук. пр. / Хмельницький національний технічний університет. Хмельницький: ХНУ, 2017. № 3. С. 73–77. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України і яке включено до міжнародних наукометричних баз.** *Внесок здобувача: чисельне моделювання руху сировини в робочому циліндрі під дією шнека вовчка, аналіз отриманих результатів, формулювання висновків.*

16. Батраченко О. В. Методологічна концепція розвитку технічних систем харчової промисловості // Вісник Хмельницького національного університету: зб. наук. пр. / Хмельницький національний технічний університет. Хмельницький: ХНУ, 2017. № 4. С. 32–41. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України і яке включено до міжнародних наукометричних баз.**

17. Некоз О. І., Батраченко О. В., Філімонова Н. В. Особливості гідродинаміки м'ясної сировини при її подачі шнеком вовчка // Вісник Хмельницького національного університету: зб. наук. пр. / Хмельницький національний технічний університет. Хмельницький: ХНУ, 2017. № 6. С. 37–42. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України і яке включено до міжнародних наукометричних баз.** *Внесок здобувача: висунення гіпотези про нерівномірний характер подачі сировини шнеком вовчка крізь його різальний вузол, проведення досліджень, аналіз отриманих результатів.*

18. Некоз О. І., Батраченко О. В., Філімонова Н. В. Перспективні шляхи підвищення питомої продуктивності вовчків // Вісник Хмельницького національного університету: зб. наук. пр. / Хмельницький національний технічний університет. Хмельницький: ХНУ, 2018. № 1. С. 251-255. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України і яке**

**включено до міжнародних наукометричних баз.** *Внесок здобувача: висунення робочої ідеї про шлях підвищення питомої продуктивності вовчків, проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів.*

19. Батраченко О. В., Вербицький С. Б. Науково-винахідницький біном, як концептуальна основа технічного удосконалення конструкцій м'ясорізальних вовчків і кутерів // Продовольчі ресурси: зб. наук. праць / Інститут прод. ресурсів НААНУ. Київ: ІПР, 2018. № 1. С. 13–27. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України.** *Внесок здобувача: висунення робочої ідеї про доцільність використання поняття «науково-винахідницький біном», висвітлення прямої та зворотної задачі при використанні науково-винахідницького бінома.*

20. Чудов В. В., Батраченко О. В., Філімонова Н. В., Філімонов С. О. Моделювання взаємодії ножів кутера з м'ясною сировиною // Вісник Хмельницького національного університету: зб. наук. пр. / Хмельницький національний технічний університет. Хмельницький: ХНУ, 2018. № 6. С. 48–53. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України і яке включено до міжнародних наукометричних баз.** *Внесок здобувача: проведення математичного моделювання та аналіз отриманих результатів, вироблення рекомендацій щодо конструктивного виконання ножів кутера.*

21. Вербицький С. Б., Батраченко О. В., Філімонова Н. В. Удосконалення математичної моделі подрібнення м'ясної сировини на роторному емульситаторі // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. пр. / Центральноукр. нац. техн. ун-т. Кропивницький: ЦНТУ, 2019. № 1. С. 25–35. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України і яке включено до міжнародних наукометричних баз.** *Внесок здобувача: розробка математичного виразу визначення потужності приводу емульситатора.*

22. Різальний механізм пристрою для подрібнення харчової сировини: пат. на винахід 114119 Україна: МПК В02С 18/36 / Некоз О. І., Батраченко О. В.,

Іванов П. В. та ін.; власник Батраченко О. В. № а201504547; заявл. 12.05.2015; опубл. 25.04.2017, Бюл. № 8/2017. *Внесок здобувача: вироблення концепції зменшення нагріву фаршу за рахунок модифікації пари тертя «ніж–решітка», розробка нової будови різального вузла зі зменшеною площею тертя ножа об решітку.*

23. Спосіб зміцнення ножа кутера: пат. на винахід 116036 Україна, МПК С21D7/08, В02С 18/20 / Батраченко О. В.; власник Батраченко О. В. № а201602692; заявл. 18.03.2016; опубл. 25.01.2018, Бюл. № 2/2018.

24. Ножова головка кутера: пат. на винахід 116037 Україна, МПКВ02С 18/06 / Батраченко О. В.; власник Батраченко О. В. № а201602700; заявл. 18.03.2016; опубл. 25.01.2018, Бюл. № 2/2018.

25. Ніж кутера: пат. на винахід 116156 Україна, МПКВ02С 18/20 / Батраченко О. В.; власник Батраченко О. В. № а201602693; заявл. 18.03.2016; опубл. 12.02.2018, Бюл. № 3/2018.

26. Ніж кутера: пат. на винахід 118301 Україна, МПКВ02С 18/06 / Батраченко О. В., Філімонова Н. В.; власник Батраченко О. В. № а201702444; заявл. 16.03.2017; опубл. 26.12.2018, Бюл. № 24/2018. *Внесок здобувача: розробка нової конструкції ножа кутера збірної будови, використання якого дає можливість підвищити ефективність подрібнення фаршів безструктурних ковбасних виробів.*

27. Ножова головка кутера: пат. на винахід 119785 Україна, МПК В02С 18/16 / Філімонова Н. В., Філімонов С. О., Батраченко О. В. ; власник Батраченко О. В. № а201702435; заявл. 16.03.2017; опубл. 12.08.2019, Бюл. № 15/2019. *Внесок здобувача: розробка нової конструкції ножової головки з покращеною подрібнювальною здатністю при кутеруванні безструктурних фаршів.*

28. Пристрій для підвищення подрібнювальної здатності кутера: пат. на винахід 120070 Україна, МПК В02С 18/18 / Батраченко О. В.; власник Батраченко О. В. № а201709864; заявл. 16.03.2017; опубл. 25.09.2019, Бюл. № 18/2019. *Внесок здобувача: розробка конструкції пристрою для підвищення подрібнювальної здатності кутера.*



29. Вовчок: пат. на винахід 122178 Україна, МПК В02С 18/16/Батраченко О. В., Батраченко В. Г., Філімонов С. О., Філімонова Н. В.; власник Батраченко О. В. № а201811629; заявл. 26.11.2018; опубл. 25.09.2020, Бюл. № 18/2020. *Внесок здобувача: постановка задачі, вироблення концепції захисного пристрою для шнекового механізму вовчка.*

30. Ніж вовчка: пат. на корисну модель № 83391 Україна, МПК В02С 18/30 / Некоз О. І., Батраченко О. В., Філімонова Н. В. та ін.; власник Батраченко О. В. № u201302186; заявл. 21.02.2013; опубл. 10.09.2013, Бюл. № 17/2013. *Внесок здобувача: розробка нової конструкції секторного ножа вовчка.*

31. 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.; власник Батраченко О. В. № u201312240; заявл. 21.10.2013; опубл. 25.02.2014, Бюл. № 4/2014. *Внесок здобувача: розробка нової будови вовчка з підвищеною питомою продуктивністю.*

32. Ніж кутера: пат. на корисну модель 71901 Україна, МПК В02С 18/20 / Некоз О. І., Батраченко О. В., Литовченко І. М. та ін.; власник Батраченко О. В. № u201201630; заявл. 14.02.2012; опубл. 25.07.2012, Бюл. № 14/2012. *Внесок здобувача: розробка нової конструкції ножа перемінної товщини, який має підвищену міцність.*

33. Ніж кутера: пат. на корисну модель 88060 Україна, МПК В02С 18/20 / Некоз О. І., Батраченко О. В., Осипенко В. І. та ін.; власник Батраченко О. В. № u201312243; заявл. 21.10.2013; опубл. 25.02.2014, Бюл. № 4/2014. *Внесок здобувача: розробка нової конструкції ножа кутера з підвищеною подрібнювальною здатністю.*

34. Ніж кутера: пат. на корисну модель 88061 Україна, МПК В02С 18/20 / Некоз О. І., Батраченко О. В., Осипенко В. І. та ін.; власник Батраченко О. В. № u201312243; заявл. 21.10.2013; опубл. 25.02.2014, Бюл. № 4/2014. *Внесок здобувача: розробка нової конструкції ножа кутера з підвищеною подрібнювальною здатністю.*

35. Ножова головка кутера: пат. на корисну модель 126397 Україна, МПКВ02С 18/18 / Батраченко О. В.; власник Батраченко О. В. № а201602704; заявл. 18.03.2016; опубл. 25.06.2018, Бюл. № 12/2018.

36. Решітка пристрою для подрібнення харчової сировини: пат. на корисну модель 132446 Україна, МПКВ02С 18/00 / Хандюк М. В., Філімонова Н. В., Філімонов С. О., Батраченко О. В.; власник Батраченко О. В. № u201809782; заявл. 01.10.2018; опубл. 25.02.2019, Бюл. № 4/2019. *Внесок здобувача: розробка нової конструкції решітки вовчка, використання якої дає можливість покращити якість обробки сировини за рахунок зменшення гідравлічного опору решітки.*

37. Некоз О. І., Батраченко О. В., Хом'як А. В. Зменшення собівартості ножів вовчка // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті: тези доп. міжнар. наук. конф., 15-16 квіт. 2013 р. / НУХТ. Київ, 2013. С. 161–164. *Внесок здобувача: розробка та обґрунтування нової конструкції секторного ножа вовчка.*

38. Некоз О. І., Батраченко О. В. Вдосконалення різального інструменту м'ясорізальних машин // Актуальні проблеми харчової промисловості: тези доп. всеукр. наук.-техн. конф., 8-9 жовт. 2013 р. / ТНТУ. Тернопіль, 2013. С. 37–38. *Внесок здобувача: розробка нових конструкцій різального інструменту вовчків, кутеріві емульсаторів, їх систематизація.*

39. Батраченко О. В. Вібростійкість ножів сучасних моделей кутерів // Сучасні технології харчових виробництв: тези доп. I Міжнар. наук.-практ. конф., 26-27 берез. 2015 р. / ВНАУ. Вінниця, 2015. С. 9–11.

40. Батраченко О. В. Влияние вибрации ножей куттера на их напряженно-деформированное состояние // Вібрації в техніці та технологіях: тези доп. XIV міжнар. наук.-техн. конф., 21-25 верес. 2015 р. / ДНУ ім. Олесья Гончара. Дніпро, 2015. С. 12–13.

41. Батраченко О. В., Філімонова Н. В., Філімонов С. О. Підвищення ефективності переробки сировини у вовчках // Системи розробки та постановки продукції на виробництво: тези доп. міжнар. наук.-практ. конф., 17-20 трав.

2016 р. / СумДУ, 2016. С. 177–180. *Внесок здобувача: вироблення робочих гіпотез, проведення експериментальних досліджень, розробка нових, більш досконалих конструкцій.*

42. Батраченко О. В., Мирошніченко К. А. Вдосконалення різального вузла емульситатора // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: тези доп. міжнар. наук. конф., 13-14 квіт. 2016 р. / НУХТ. Київ, 2016. С. 123. *Внесок здобувача: вироблення робочої гіпотези, проведення досліджень за допомогою чисельних методів, розробка нової, більш досконалої конструкції.*

43. Klyuk O., Batrachenko O. Constructive ways of increasing of durability of cutting machines' tool for grinding meat // 8<sup>th</sup> Central European Congress on Food 2016 –Food Science for Well-being: тези доп. 8-го Центрально-Європейського конгресу, May 23-26 / NUFT. Kyiv, Ukraine, 2016. P. 49. *Внесок здобувача: розробка конструктивних шляхів підвищення довговічності різального інструменту вовчків, кутерів і емульситаторів.*

44. Батраченко О. В. Вдосконалення різального інструменту кутерів на основі досліджень гідродинаміки сировини при кутеруванні // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність: тези доп. міжнар. наук.-практ. конф., 18-19 трав. 2017 р. / ХДУХТ. Харків, 2017. С. 236–237.

45. Батраченко О. В. Перспективи розвитку м'ясорізальних машин на основі узгодження гідродинаміки сировини та процесів її подрібнення // Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності: тези доп. II міжнар. наук.-практ. конф., 5-7 верес. 2017 р. / ТДАТУ ім. Д. Моторного. Мелітополь – Кирилівка, 2017. С. 127–128.

46. Некоз О. І., Батраченко О. В. Використання кінетичної енергії сировини для інтенсифікації процесу кутерування // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: тези доп. міжнар. наук. конф., 23-24 квіт. 2018 р. / НУХТ. Київ, 2018. С. 25. *Внесок здобувача: вироблення*

*робочої гіпотези, розробка конструкції, проведення експериментальних досліджень.*

47. Некоз О. І., Батраченко О. В. Підвищення подрібнювальної здатності кутера при приготуванні фаршів безструктурних ковбасних виробів // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: тези доп. міжнар. наук. конф., 23-24 квіт. 2018 р. / НУХТ. Київ, 2018. С. 26. *Внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень, розробка нової, більш досконалої конструкції.*

48. Некоз О. І., Батраченко О. В., Копчевський П. М. Поверхнєве зміцнення, як спосіб підвищення втомної міцності ножів кутера // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність: тези доп. міжнар. наук.-практ. конф., 19 листоп. 2018 р. / ХДУХТ. Харків, 2018. С. 340–342. *Внесок здобувача: висунення робочої гіпотези про перспективний спосіб зміцнення ножів кутера, підготовка дослідних зразків до експериментальних досліджень, аналіз результатів експериментальних досліджень, вироблення висновків.*

49. Філімонов С. О., Філімонова Н. В., Батраченко О. В. Методологічна концепція розвитку обладнання харчової промисловості // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність: тези доп. міжнар. наук.-практ. конф., 19 листоп. 2018 р. / ХДУХТ, Харків, 2018. С. 369–371. *Внесок здобувача: розроблення методологічної концепції обладнання харчової промисловості, вироблення висновків.*

50. Філімонов С. О., Філімонова Н. В., Батраченко О. В. Науково-винахідницький біном – концептуальна основа прогресивних рішень з вдосконалення обладнання // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність: тези доп. міжнар. наук.-практ. конф., 19 листоп. 2018 р. / ХДУХТ. Харків, 2018. С. 371–373. *Внесок здобувача: висунення робочої ідеї про доцільність використання поняття*

*«науково-винахідницький біном», висвітлення прямої та зворотної задач при використанні науково-винахідницького бінома.*

51. Некоз О. І., Батраченко О. В. Підвищення втомної міцності ножів кутера// Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: тези доп. міжнар. наук. конф., 10-11 квіт. 2019 р. / НУХТ. Київ, 2019. С. 341. *Внесок здобувача: висунення робочої гіпотези про доцільність забезпечення невисокої твердості серцевини корпусу ножа та високої твердості його поверхні, проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів.*

52. Некоз О. І., Батраченко О. В. Науково-винахідницький біном, як основа методологічної концепції розвитку обладнання харчової промисловості// Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: тези доп. міжнар. наук. конф., 10-11 квіт. 2019 р. / НУХТ. Київ, 2019. С. 339. *Внесок здобувача: висунення робочої ідеї про доцільність використання поняття «науково-винахідницький біном», розробка структури прямої та зворотної задач при використанні науково-винахідницького бінома.*

53. Некоз О. І., Батраченко О. В. Підвищення втомної міцності ножів кутера шляхом їх поверхневого зміцнення // Перспективи розвитку машинобудування та транспорту: тези доп. міжнар. наук. конф., 13-15 трав. 2019 р. / ВНТУ. Вінниця, 2019. С. 152–153. *Внесок здобувача: висунення робочої гіпотези, проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів.*

54. Батраченко О. В., Філімонова Н. В. Структурно-механічні властивості м'яса, як об'єкта переробки у вовчку // Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем: тези доп. міжнар. наук. конф., 14-16 трав. 2019 р. / ЧНТУ. Чернігів, 2019. С. 47–49. *Внесок здобувача: постановка задачі досліджень, аналіз отриманих результатів та вироблення висновків.*

55. Некоз О. І., Батраченко О. В. Науково-прикладні основи розвитку машин для подрібнення м'ясної сировини // Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності: тези доп. міжнар.

наук.-практ. конф., 4-6 верес. 2019 р. / ТДАТУ ім. Д. Моторного. Мелітополь – Кирилівка, 2019. С. 57–59. *Внесок здобувача: висунення концепції про взаємозв'язок ефективності подрібнення сировини, довговічності різального інструменту та гідродинаміки сировини в машинах для подрібнення м'ясної сировини.*

56. Некоз О. І., Осипенко В. І., Батраченко О. В., Філімонова Н. В. Теорія і практика роботи конструктора машин і апаратів харчових виробництв: підручник. Черкаси: ЧДТУ, 2019. 680 с. *Внесок здобувача: методологічні засади розробки нових технічних рішень при розвитку машин і апаратів харчових виробництв, приклади застосування результатів наукових досліджень для вдосконалення машин і апаратів харчових виробництв.*

57. Некоз О. І., Батраченко О. В. Проектування м'ясорізальних вовчків: навч. посіб. Черкаси: ЧДТУ, 2014. 221 с. *Внесок здобувача: розробка методики проектування вовчків, виконання огляду сучасних їх конструкцій, вироблення рекомендацій щодо конструктивного виконання вовчків.*