

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерно-технологічний

Кафедра загальнотехнічних дисциплін

Пояснювальна записка

до *дипломної роботи* на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»
на тему: «Підвищення надійності робочих поверхонь деталей при
пластичному деформуванні»

Виконав: здобувач вищої освіти за
освітньо-професійною програмою
Технології і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва
спеціальності 208 Агроінженерія
ступеня вищої освіти «*магістр*» групи 5
Харченко Андрій Олександрович
Керівник: Флегантов Л. О.
Рецензент: Келемеш А. О.

Полтава – 2021 року

ВСТУП

Підвищення ефективності переробки сировини, застосування сучасних технологій і обладнання дозволить різко підвищити його продуктивний потенціал шляхом кількісного скорочення нераціонально використовуваних вторинних продуктів.

Цукор є одним з продуктів, що збагачують організм людини вуглеводами. Його споживають всі верстви населення і в досить великих кількостях.

Серйозним технологічним недоліком при виробництві цукру вважається низька ступінь вилучення цукру з буряка. Втрати при цьому складають 28-30% і залежать від початкової операції переробки – подрібнення буряків в стружку.

Масовіддача глюкози і фруктози цілком залежить від розміру і форми подрібнених частинок цукрових буряків, що дозволяють при дотриманні особливих умов забезпечити раціональну гідродинамічну обробку в дифузійному апараті з мінімізацією втрат сахарози.

Основними елементами у відцентрової бурякорізки, що регламентують якість стружки, є бурякорізальні ножі. Жорсткі умови роботи ножів в процесі подрібнення буряків викликають інтенсивне затуплення ріжучих кромek і необхідність частих їх перезаточок, що веде до зменшення довжини граней, їх деформації і руйнувань.

Затуплення різальних кромek ножів спостерігається при непередбачуваному напрацюванні навіть протягом однієї зміни, а це, як правило, в результаті веде до високих втрат сахарози.

Актуальність роботи обумовлена необхідністю поліпшення показника довговічності ножів – напрацювання на відмову, зниження інтенсивності відмов і їх потоку, підвищення ресурсу, повністю залежних від зносостійкості різальних кромek і міцності граней ножа, що дозволить підвищити ефективність переробки цукрових буряків.

Мета роботи. Підвищення довговічності ножів відцентрових бурякорізок шляхом відновлення і зміцнення граней і ріжучих кромek пластичним деформуванням.

Об'єкт дослідження. Технологічний процес відновлення ножів відцентрових бурякорізок.

Предмет дослідження. Ножі відцентрових бурякорізок.

Для реалізації поставленої мети в роботі були сформульовані наступні завдання дослідження:

1. Проаналізувати особливості зношування і дефектного стану ножів.
2. Провести аналіз силової взаємодії ножа з буряком при подрібненні, встановити причини інтенсивного зношування і руйнування граней і теоретично обґрунтувати схеми їх формоутворення при відновленні і зміцненні пластичним деформуванням.
3. Експериментально дослідити технологічний процес, встановити раціональні режими, дати техніко-економічну оцінку ефективності розробки.

Теоретична і практична значущість. Запропоновано технології відновлення і зміцнення ножів бурякорізальних установок, визначені раціональні схеми формоутворення і режими відновлення і зміцнення матеріалу граней пластичним деформуванням, що дозволило підвищити напрацювання на відмову на 18-20%.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Аналіз вимог до подрібнення цукрових буряків

Всі переробні технології, пов'язані з виробництвом харчових продуктів з рослинницької сировини, з метою спрощення процесу і підвищення ефективності виділення необхідних для виробництва харчового продукту корисних складових засновані на операціях його подрібнення [8].

Найбільш раціональними схемами подрібнення буряків визнані технології, що забезпечують прямокутну або ромбоподібну форму стружки (рис. 1.1).

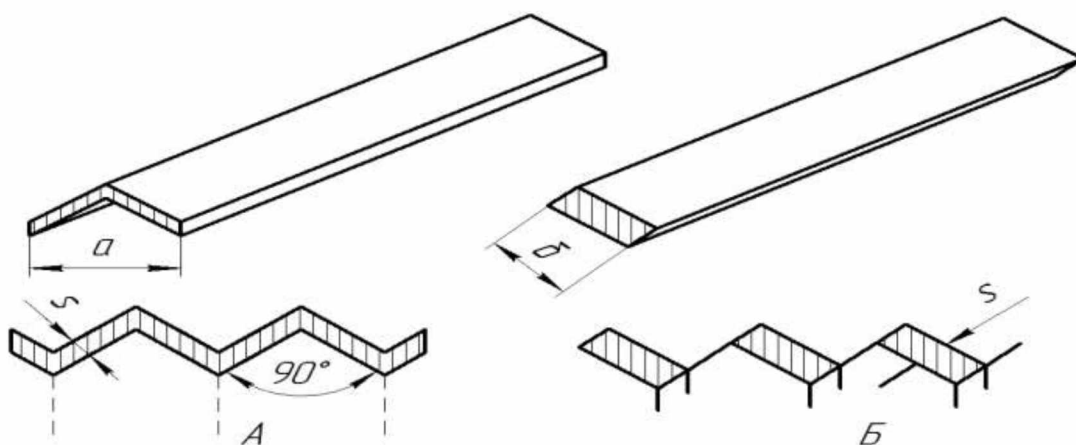


Рисунок 1.1 – Параметри бурякової стружки: *A* – ромбовидна; *B* – прямокутна

При цьому встановлені раціональні розміри стружки:

- товщина стружки: $s = 0,0005$ м;
- для ромбічної форми: $a = 2,5 - 3,0$ мм; $s = 1,2 - 1,5$ мм;
- для прямокутної форми: $b = 4 - 6$ мм; $s = 0,7 - 1,0$ мм.

Це пояснюється необхідністю забезпечення технологічно важливого показника якості стружки, що характеризується її довжиною, що припадає на

100 г навіски. Найбільш раціональної вважається довжина стружки 11-14 мм. Відношення площі поперечного перерізу стружки до периметру повинно знаходитися в межах $(1,5...1,7) \cdot 10^{-3}$ м. Дотримання вказаних вище параметрів безпосередньо впливає на проникність клітин.

Кількісний показник виходу сахарози, розчиненої в буряковому соку, знаходиться в прямій залежності від подрібненого стану буряка, що характеризується як якість стружки. Отже, дотримання розмірних параметрів стружки ромбовидної або прямокутної форми і її проникності, що обумовлює кількість проникаючої крізь стінки паренхімної тканини рідини з розчиненою в ній сахарозою, є основою рентабельності цукрового виробництва.

У свою чергу, якість стружки, що отримується у відцентровій бурякорізці при дотриманні технічних і технологічних умов, залежить тільки від технічного стану бурякорізного ножа, так як тільки його розміри і стан ріжучої поверхні забезпечують оптимальні довжину і проникність стружки.

Оптимальні параметри забезпечуються в початковий період роботи відцентрової бурякорізки (ВБ) за рахунок відповідності гостроти різальних кромок, довжини і висоти граней ріжучої частини ножа (в подальшому в тексті «грані»). Однак у міру роботи ВБ і поступового зношування ріжуча кромка ножа затуплюється, змінюється характер подрібнення. Процес різання відбувається з відчутним впливом пружної деформації буряка, що веде до відхилень від оптимальної товщини стружки, яка повинна становити 0,0005 м. Унаслідок цих змін довжина стружки зменшується до 8-10 мм, її проникність погіршується на 20-22%. Встановлено, що до кінця зміни процес зношування інтенсифікується, що безпосередньо пов'язано зі станом ріжучої кромки, різко змінюється процес різання, довжина стружки при цьому знаходиться в межах 4-8 мм, а проникність досягає 90-120 л/год., знижуючись на 28-30 %.

З огляду на те, що основною складовою частиною ВБ, що розглядається при аналізі видів, наслідків та критичності відмов [23-26], що не підлягає подальшому розукрупненню, є ніж, що забезпечує і процес

подрібнення, і його якість, в роботі прийнято, що відмова системи регламентується його напрацюванням за конструктивною ознакою зміни якості сировини, що переробляється.

У зв'язку з цим для аналізу видів, наслідків та критичності відмов поставлені наступні завдання:

- виявлення можливих видів відмов складових частин ВБ, вивчення їх причин, механізмів і умов виникнення і розвитку;
- визначення можливих несприятливих наслідків виникнення виявлених відмов, проведення якісного аналізу тяжкості наслідків відмови;
- розробка пропозицій і рекомендацій щодо внесення змін до конструкції та технологію відновлення і виготовлення виробу і його складових частин, спрямованих на зниження ймовірності та тяжкості наслідків відмов, оцінку ефективності раніше проведених доробок.

У виробництві застосовують бурякорізки трьох типів – відцентрові, барабанні та дискові. Принциповою відмінністю між ними є зустрічне переміщення буряка і ножа. Конструктивні особливості [19]:

- у відцентрових бурякорізок ножі закріплені на нерухомому циліндрі; буряк розкручується равликом і під дією відцентрової сили відкидається до циліндра, притискається до ножів і під дією інерційної сили подрібнюється;
- у барабанних бурякорізок ножі розміщені на стінках барабана, розташованого горизонтально; буряк притискається до ножів притиском і подрібнюється;
- у дискових бурякорізок ножі закріплені на обертовому диску; буряк, що знаходиться в нерухомому стані на диску, подрібнюється за рахунок інерційної сили.

Конструктивні відмінності бурякорізок обумовлюють їх техніко-технологічні показники [24], наведені в таблицях 1.1 і 1.2.

Таблиця 1.1 – Основні конструктивні параметри бурякорізок

Тип установки	Швидкість різання v , м/с	Насипна густина бурякорізки ρ , кг/м ³	Конструктивний коефіцієнт K_K	Експлуатаційний коефіцієнт K_E	
				При резервній бурякорізці	Без резервної бурякорізки
Центробіжна	6,7...9,6	550...600	0,90	0,90	0,85
Дискова	8,0	550	0,85	0,90	0,80
Барабанна	7,4	550	0,50	0,90	0,80

Таблиця 1.2 – Питоме зусилля різання стружки

Форма стружки	Довжина стружки в 100 г навіски						
	7...8	9...10	11...13	14...16	17...21	22...27	28...34
Ромбовидна	1770	1570	1420	1330	1230	—	—
Прямокутна	—	—	—	1080	981	882	784

З таблиці 1.1 випливає, що пристосованість відцентрових бурякорізок до умов цукропереробних підприємств значно вища. За рахунок інтенсивного інерційного переміщення коренеплоду по різучих кроках ножів, створюваного равником з частотою обертання 90 хв^{-1} , у відцентрових бурякорізках значно вище конструктивний коефіцієнт, що обумовлює частоту хаотичного поздовжньо-поперечного подрібнення буряків. Це є основною передумовою отримання високих показників проникності паренхімної тканини.

Однак, як випливає з таблиці 1.2, технічний стан ножів з ромбовидною зигоподібною формою різальних кромок швидко погіршується. Інтенсивний процес зношування і підвищена величина зносу ведуть до затуплення різучих кромок і, відповідно, до збільшення питомого тиску буряка на ніж на 35-40%. Це негативно позначається на показнику якості стружки. Поряд з подрібненням стружка по краю зрізу деформується, що перекриває і закупорює отвори в стінках паренхімної клітини.

Разом з цим процес подрібнення супроводжується пружною деформацією тканини буряків, зріз стає рваним і стабільність товщини стружки порушується.

Все наведене підтверджує доцільність встановлення оціночних критеріальних показників технічного стану ножів в процесі експлуатації: якості стружки, її довжини і проникності. Техніко-технологічними параметрами, котрі характеризують довговічність ножа, повинні служити показники стану різальної кромки, величини зносу довжини межі ножа, довжини стружки в 100 г навіски і її проникності, а оцінним критерієм – напрацювання на відмову за якісною ознакою стружки.

Принципово важливими при цьому є конструктивно-технологічні напрямки, покликані підвищити зносостійкість і межа витривалості на вигин граней і ріжучих кромок ножів.

1.2. Умови роботи, конструктивні особливості і причини втрати працездатності бурякорізок

Відцентрові установки набули найбільшого поширення через свою конструктивну простоту і високу продуктивність (рис. 1.2).

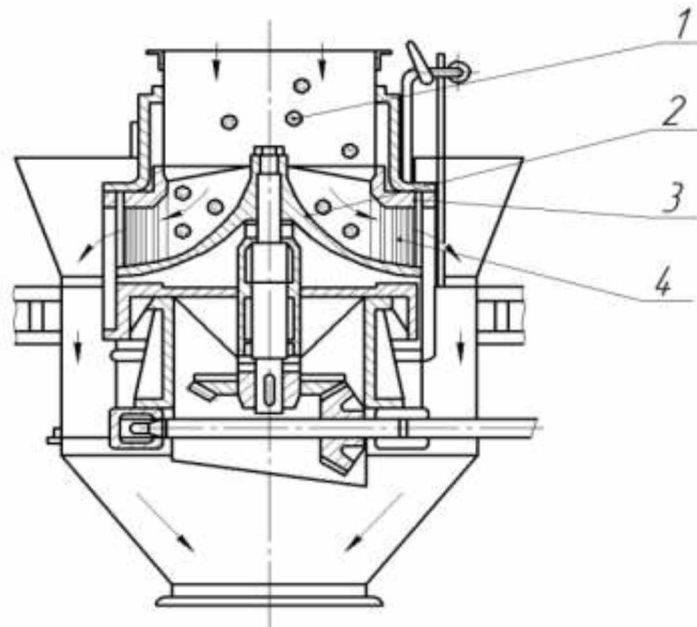


Рисунок 1.2 – Подрібнення цукрових буряків в стружку у відцентровій бурякорізній установці: 1 – коренеплід; 2 – циліндр; 3 – двоножові рамки; 4 – равлик

Подрібнюючий буряк 1 надходить в нерухомий циліндр 2 із закріпленими в ньому 9, 12 або 16 двоножевими рамками 3, розкручується равником 4 і під дією відцентрових сил притискається до ножових рамок, просувається по стінках уздовж граней ножів і подрібнюється. Далі стружка переміщається в дифузійний апарат.

Конструктивно подрібнення цукрових буряків у відцентровій установці являє собою рубає похилий процес з елементами змінного. Робота різання при цьому витрачається на створення пружної і пластичної деформації тканини буряка, а також на подолання сил тертя пари «ніж - буряк».

Вихід бурякового соку з розчищеною в ньому сахарозою залежить тільки від процесу подрібнення буряків, якості одержуваної бурякової стружки, що забезпечується конструктивними особливостями і технічним станом ножа.

Конструкція ножа (рис. 1.3) повністю пристосована для отримання стружки зі встановленими параметрами (форма, товщина і довжина).

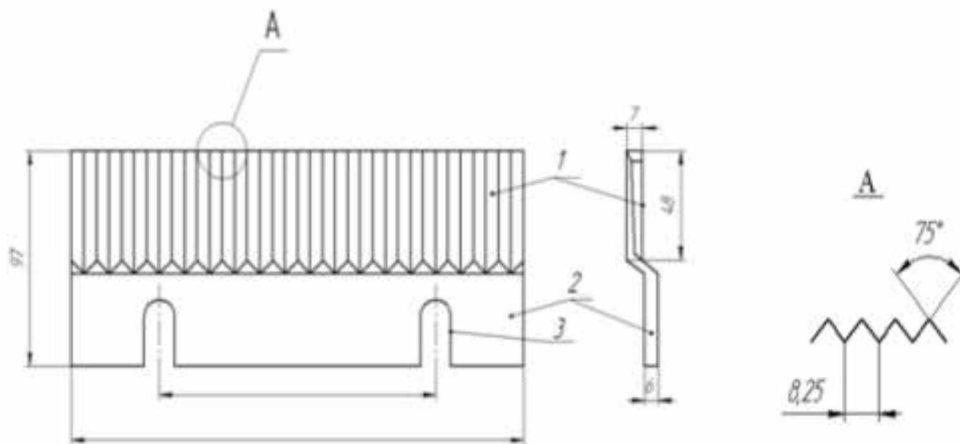


Рисунок 1.3 – Конструкція ножа відцентрової бурякорізки: 1 – ріжуча площа; 2 – робоча частина ромбовидної форми; 3 – привалочна установча площа

Бурякорізні ножі являють собою зигоподібну ріжучу площину 1 з ромбовидними гранями. При інерційному контакті подрібнюваного буряка у відцентровій бурякорізці завдяки загостреній ріжучій кромці забезпечується часте і хаотичне поздовжньо-поперечне різання коренеплоду. Ножі

змонтовані в ножовій рамці, закріпленій на нерухомому циліндрі установки за допомогою кріпильних пазів 3. У кожній рамці знаходяться два ножа, а кількість рамок в ЦС залежить від продуктивності і становить 9, 12, 16 шт.

Навантаження, що припадає на різучі грані ножів, носить досить складний характер і виникає від ударних впливів буряка масою 0,35-0,5 кг на плечі від осі равлика до стінки нерухомого циліндра, що дорівнює 0,7 м. Частота обертання равлика 90 хв^{-1} . Виходячи з цього, руйнування різальних кромок і граней ножів можна класифікувати як процес зношування при різанні буряка і втомного руйнування, що протікає від циклічного ударного його впливу на площину граней. Знос різальних кромок залежить від зносостійкості матеріалу і усувається шляхом перезаточування, кількість яких залежить від параметра вильоту різальних кромок. Однак, як показали дослідження, велика частина ножів (35%) мають малу витривалість на вигин при симетричному циклі навантаження [25].

При роботі ЦС розкручений равликом буряк переміщається до нерухомої стінки циліндра із закріпленими на ньому по всьому діаметру ножами. При цьому ножі сприймають ударні навантаження на грань і навантаження, що припадають на інерційне переміщення коренеплоду по різучої кромці (рис. 1.4).

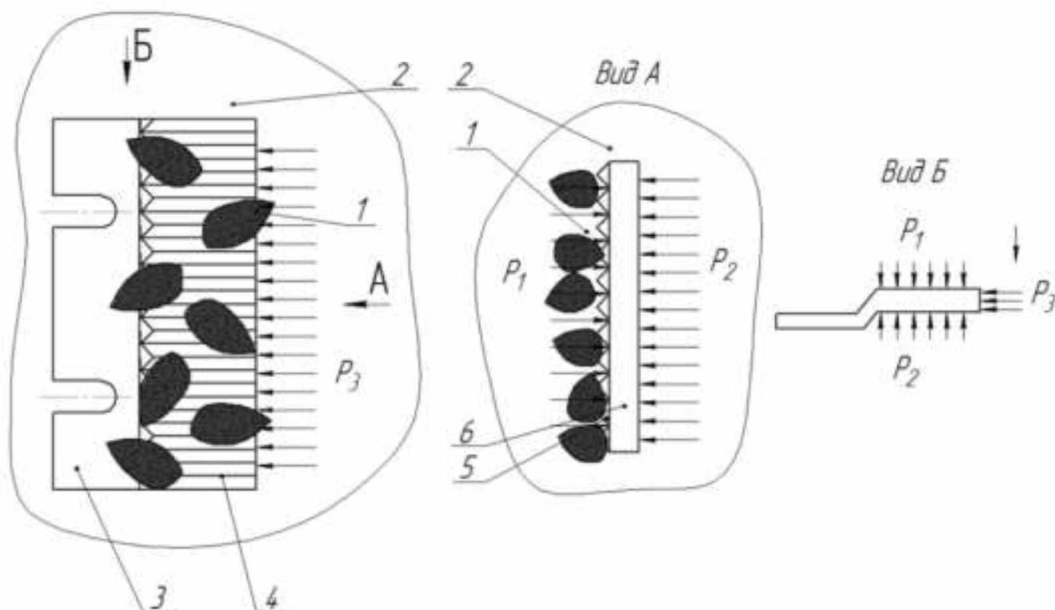


Рисунок 1.4 – Процес взаємодії коренеплоду з ножом при подрібненні: 1 - подрібнюючий буряк; 2 - нерухомий циліндр установки; 3 - привалочна зовнішня площину ножа; 4 - межі ножа; 5 - ріжучі кромки ножа; 6 - порожнина сходу стружки

Грані товщиною 0,8-1,0 мм і довжиною 48 мм легко збудливі коливальними рухами, що виникають від кожного чергового удару коренеплоду, розкрученого равликом, про ріжучій частині. При цьому від удару коренеплоду об межі ножа при незначній жорсткості на плечі від осі равлика до стінки нерухомого циліндра виникає зусилля P_1 і від протидії ударної дії - P_2 . Порушувані ударні впливи викликають постійні коливання граней ножа, що свідчить про досить інтенсивний згинальний характер їх роботи у процесі руйнування.

З огляду на те, що завантаження циліндра здійснюється безперервно, тобто подрібнений буряк доповнюється новим, кількість подрібнюваного буряка на добу зростає багаторазово, і це повинно вести тільки до інтенсифікації процесу зношування ножа і, відповідно, до зменшення показника безвідмовності за встановленим раніше якісним критерієм функціонування об'єкта і повноти виконання ним призначених функцій.

1.3. Аналіз дефектного стану бурякорізальних ножів і способи відновлення їх працездатності

Конструктивно бурякорізний ніж повинен забезпечити отримання технологічно обґрунтованої стружки ромбовидної або прямокутної форми, що є оптимальним для екстрагування бурякового соку. При цьому забезпечується підвищена швидкість знецукрування бурякового соку, створюються умови високої проникності шару паренхімної тканини.

Конструктивна досконалість ножів в даному випадку є основним фактором, покликаним забезпечити технологічність операції подрібнення і високі показники довговічності ножа, так як навіть при незначному

затупленні і викришуванні ріжучої кромки процес подрібнення не зупиняє, а якість стружки погіршується, викликаючи значні втрати сахарози.

З наведеного випливає, що найбільш прийнятним для оцінки якості подрібнення цукрових буряків слід прийняти інтегральний показник i , який встановлює взаємозв'язок ефективності переробки з витратами на створення ножів з високими показниками безвідмовності і довговічності і з невеликими експлуатаційними витратами на ремонтно-обслуговуючі роботи.

При аналізі дефектного стану ножів встановлено, що на їх працездатність впливають систематичні і раптові відмови.

Систематичні відмови ножів пов'язані з інтенсивним і безперервним процесом подрібнення i , відповідно, зношування різальних кромок від матеріалу, коренеплоду що подрібнюється, їх взаємодії з абразивними частинками, які надходять ззовні.

Радіус округлення різальних кромок R , що характеризує їх гостроту, зі збільшенням розміру при перезаточці підвищує негативні значення переднього і заднього кутів заточування різальних кромок граней, що веде до зростання зусилля різання і в підсумку - до погіршення якості стружки. Досить незначного, 10-15% -го збільшення розміру округлення різальних кромок, щоб на поверхні стружки почали утворюватися вириви, ворсистість, висока шорсткість і інші дефекти, які ведуть до утруднення процесу виходу сахарози з бурякового соку.

Дослідженнями [11, 12] встановлено, що основними дефектами ножів є відколи й зминання граней, зміна їх форми, руйнування різальних крайок і ін. Проте в даних роботах не розкриті явища, з причин яких вони протікають, хоча загальними недоліками ножа є його низькі стійкість на знос і межа витривалості на вигин. Запропонована технологія поверхневого плазмового зміцнення ножів може підвищити лише твердосні показники поверхні, а витривалість на вигин, що виявляється в обсязі всього ножа і є також переважаючою дефектною ознакою, незмінно низькою. Торцювання

затуплених ножів здійснюють на спеціальному заточному верстаті МЗ-375 (рис. 1.5).

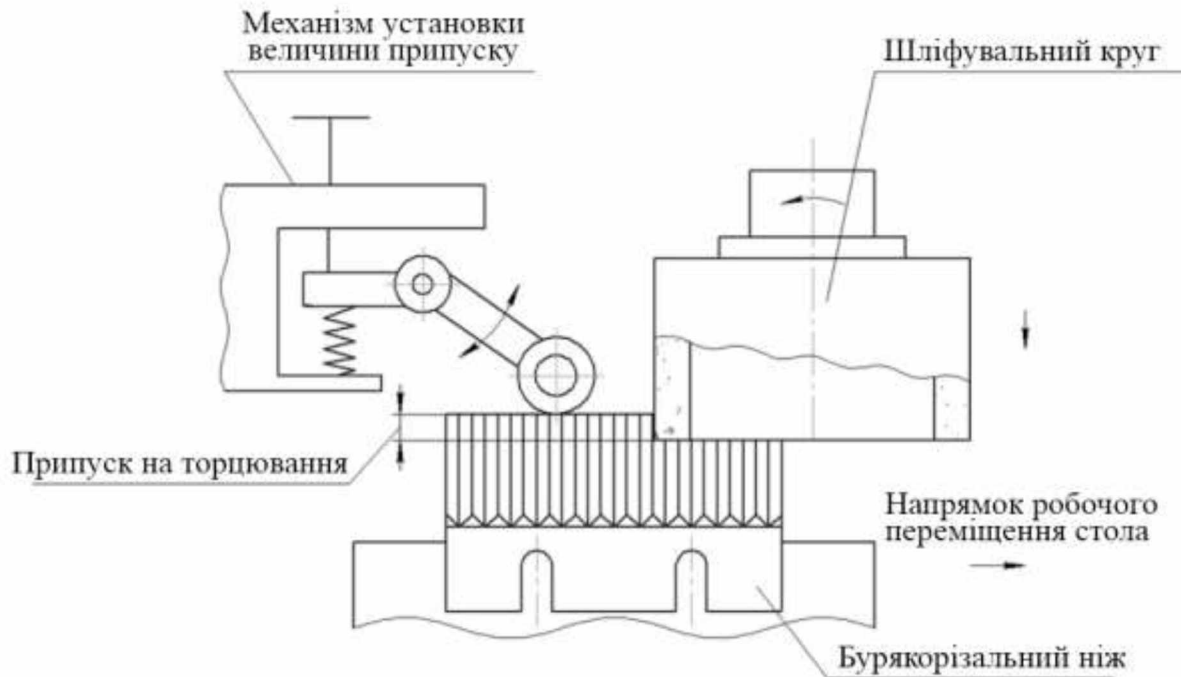


Рисунок 1.5 - Схема установки для торцювання різальних кромek

Перевагою даного способу відновлення працездатності ножа, як і будь-якого різального інструменту, є можливість його перезаточування. Але, як відомо, кількість перезаточувань залежить від регламентованої довжини граней. З урахуванням того, що за будь-якого заточування знімається шар металу до 1 мм, кількість заточок обмежена і, за літературними джерелами, не перевищує 4-6.

Для виготовлення ножів використовують інструментальну вуглецеву сталь У7, загартовану до 50 HRC і володіє дрібнозернистою структурою. Товщина перерізу грані становить 0,8 ... 1,0 мм, при гартуванні відбувається наскрізне прожарювання [33, 34], що поряд з високим вмістом вуглецю викликає підвищену крихкість і руйнування - викришування і виривання. Такі дефекти ножів перезаточуванням не відновлюються (рис. 1.6).



Рисунок 1.6 – Руйнування різальних кромок: *а* - викришування; *б* - вирив; *в* - деформація ромбовидної грані

Внаслідок постійних ударних навантажень від коренеплодів на гранях ножа виникають також дефекти у вигляді викривлень їх площин. Практично всі колишні у вживанні ножі в тій чи іншій мірі схильні до даного дефекту.

При правці ножів зі значною стрілою прогину виникає зминання гострих вершин граней, що перешкоджає якісному заточуванню фасок різальних кромок. Це веде до зміни кутів заточування і, як наслідок, до погіршення якості стружки (рис. 1.7).

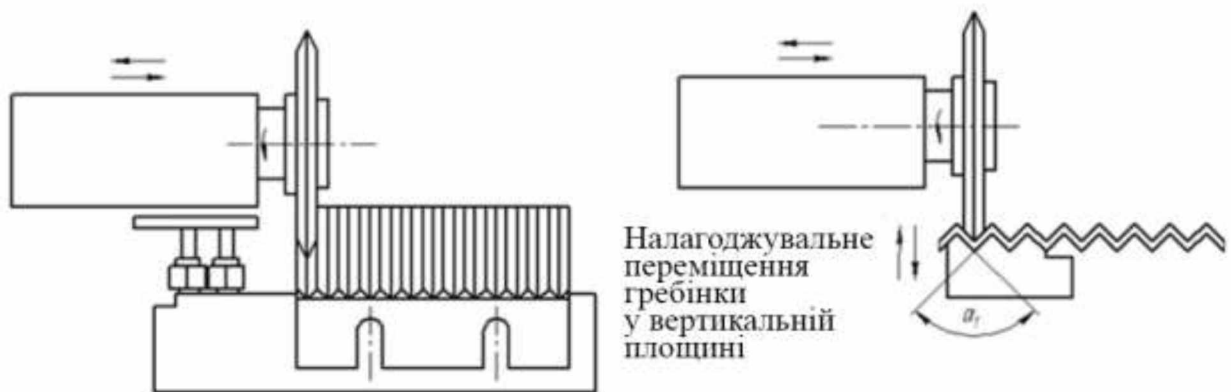


Рисунок 1.7 - Схема заточування фаски ножа

Таким чином, відновлення працездатності ножів при експлуатації утруднено через декілька джерел дефектного стану, найбільш простим і легко усуваємым з яких є знос ріжучої кромки. Всі ж інші дефекти пов'язані з втратою суцільності профілю граней, відновлення якої не представляється можливим. Для відновлення ножів з викривленою зигоподібною поверхнею найбільш прийнятною може бути гаряча пластична деформація в спеціальному штампованому оснащенні.

Працездатність ножів досить велика, проте є і недоліки, при усуненні яких можливе підвищення показників безвідмовності і довговічності.

По-перше, при роботі ріжучого апарату бурякорізальної установки значні зусилля, що виникають при ударній зустрічі буряка і ножа і подальшому подрібненні, викликають втомні руйнування граней. Отже, слід вважати за доцільне підвищення показника витривалості на вигин при симетричному навантаженні ножа, що може бути забезпечено додатковими конструктивними змінами, зокрема шляхом посилення дна і висоти граней.

По-друге, ножі мають невисоку стійкість до зношування. Як мінімум один раз в зміну їх перезаточують або замінюють. Це негативно позначається на їх показнику напрацювання на відмову. Отже, виникає доцільність підвищення зносостійкості ножів шляхом заміни існуючої технології їх відновлення і зміцнення фрезеруванням ріжучих граней на зміцнюючу технологію пластичним деформуванням. Це дозволить підвищити також і показник ресурсозбереження при виготовленні ножів.

По-третє, необхідно замінити вуглецеву конструкційну сталь У7, схильну до утворення тріщин, викришування і поломок, на зносостійку і корозійностійку сталь 30Х13 або 40Х13.

Висновки

1. Проаналізовано біологічні особливості будови цукрових буряків і особливості вилучення з нього бурякового соку.

2. Проаналізовано та встановлено ресурсовизначальні елементи ЦС, залежність виходу бурякового соку від технічного стану ножів, визначені завдання аналізу видів відмов і умов їх виникнення і розвитку.

3. Досліджено дефектний стан ножів, конструктивно-технологічні напрямки підвищення показників довговічності різального інструменту при експлуатації, способи відновлення викривлення зигоподібних площин.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА І ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Методика дослідження процесу штампування і прокатки при відновленні і зміцненні граней ножа

Для досягнення мети дослідження, що передбачає розробку технологій відновлення деформованих і зміцнення ріжучих граней, і відповідно до прийнятої схеми формоутворення теоретично встановлені форма і розміри заготовки, що враховують строго певний обсяг металу, що забезпечує отримання привалочної і ріжучої площин з ромбовидними гранями. При цьому розраховані зусилля деформації, за рахунок чого практично протікає процес штампування і накатки.

Процес пластичної деформації управляється і контролюється такими факторними показниками, як зусилля деформації P з розподілом по осях x і y , температура нагріву деталі T , а також швидкість деформації.

Зусилля деформації встановлювали і контролювали тензорезисторним датчиком, а в міру остигання деталі – показниками падіння тиску преса від 280 до 260 МПа – манометром.

Температуру реєстрували за показниками початкової температури, контрольованої піропатроном, встановленим в розплав солі BaCl_2 . Верхня межа нагрівання становить 1150°C , глибину прогрівання оцінювали часом знаходження заготовки в розплаві солі.

Швидкість деформування змінювали від 0,04 до 0,16 м/с, інтервал варіювання був прийнятий рівним 0,02 м/с, ступінь деформації – 0,1.

При штампуванні заготовок контролювали формоутворення привалочних і ріжучих поверхонь ножів і їх відповідність геометричній формі і конструктивним параметрам. Якість усунення кривизни ріжучої площини при відновленні фіксували їх прямолінійністю.

Всі експериментальні дослідження формоутворення ножів велися на макетному і дослідно-конструкторському штамповочному оснащенні (рис. 2.1), що складається з огранених формоутворюючою матрицею 1 і деформуючого пуансона 2, встановлених на стіл преса плитою 3 і на траверсі 4.

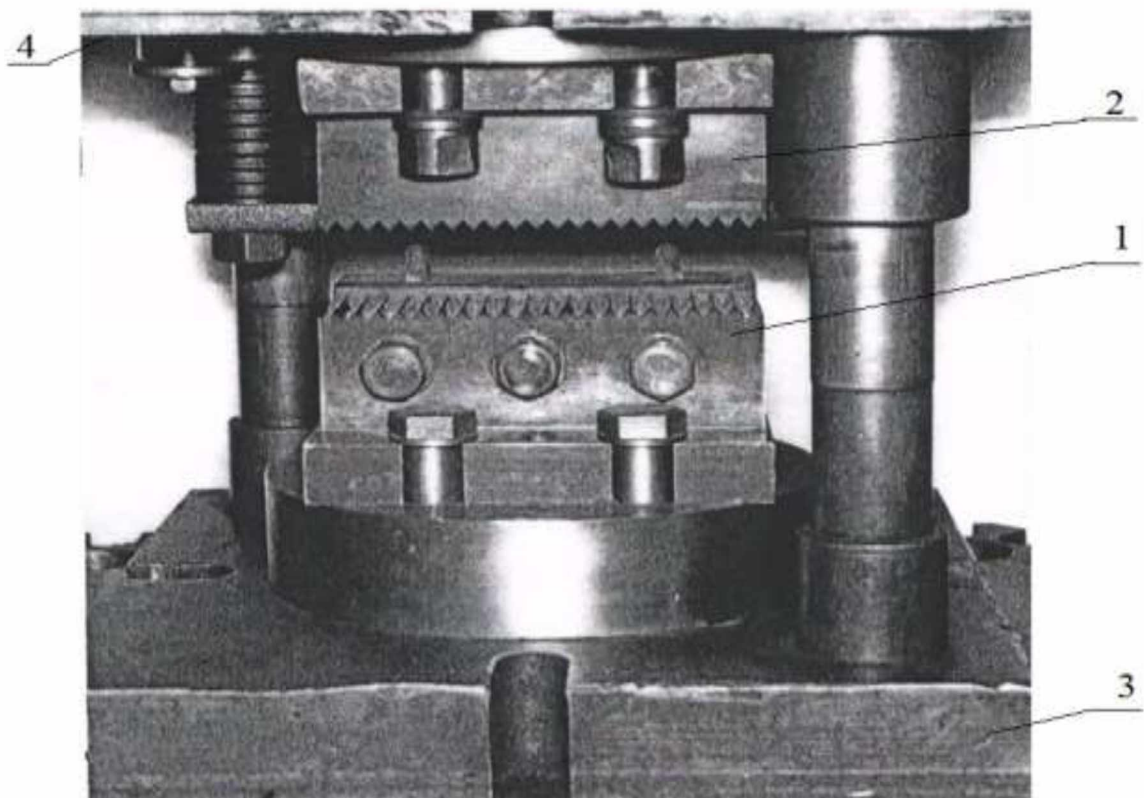


Рисунок 2.1 – Оснащення для штампування при відновленні і зміцненні ножів: 1 – матриця; 2 – пуансон; 3 – станина; 4 – траверса

Змінні деформуючі і формоутворюючі огранені елементи матриці і пуансона, що використовуються при відновленні деформованих при експлуатації граней, представлені на рисунку 2.2.

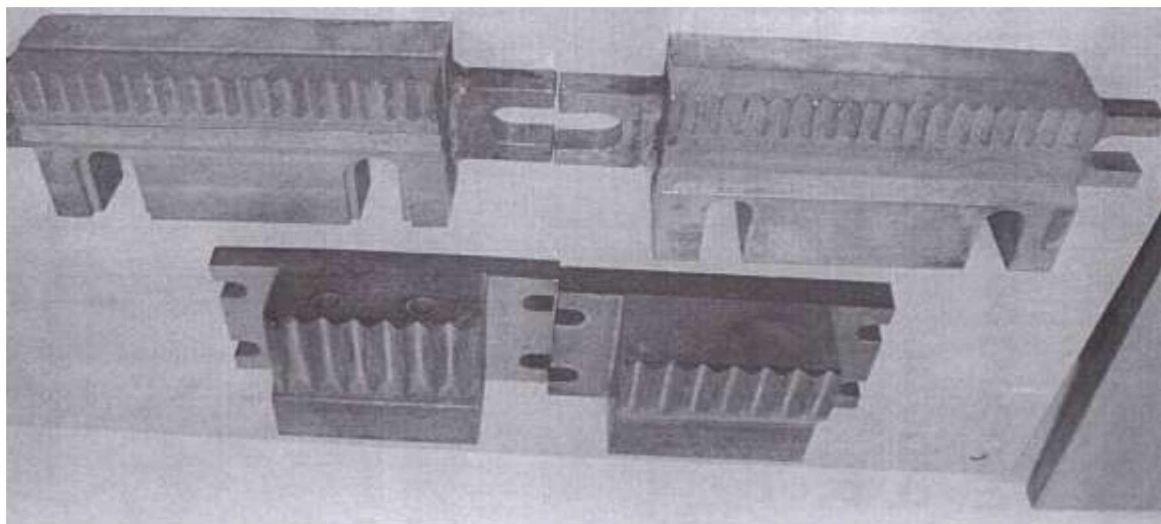


Рисунок 2.2 – Змінні деформуючі і формоутворюючі елементи для усунення викривлення граней

Ресурсозберігаючі показники забезпечуються аналізуються технологіями виготовлення ножів. Металоємність заготовок ножів в першу чергу залежить від пластини заготовки і її обсягу.

Були прийняті три варіанти виготовлення:

- пластина постійного перетину з фрезеруванням привалочної і ріжучої площин з гранями – металоємність становить 1,83 кг;
- пластина з профільованими привалочною і ріжучою площинами з фрезеруванням граней – 1,06 кг;
- пластина під штампування привалочної і ріжучої частин зі сформованими гранями – 0,64 кг.

2.2. Методика мікрометражних досліджень

Мікрометражним досліджень піддавали ріжучі грані ножів з метою встановлення поетапної зміни їх геометричних параметрів. Вивчали як ріжучі кромки, так і якість формування класних поверхонь ножа, наявність припусків на фінішну механічну операцію і прокатку.

При контролі дефектних ножів перевіряли глибину зносу різальних кромок за місцем максимального зносу по довжині грані ножа після змінного

напрацювання. Контроль довжини l межі здійснювали штангенциркулем ШЦ-П250-0,05, товщину межі h - мікрометром МК-7, а сплюсненість граней H – візуально за місцем наявності максимально сплюсненої з подальшою фіксацією її величини (рис. 2.3).

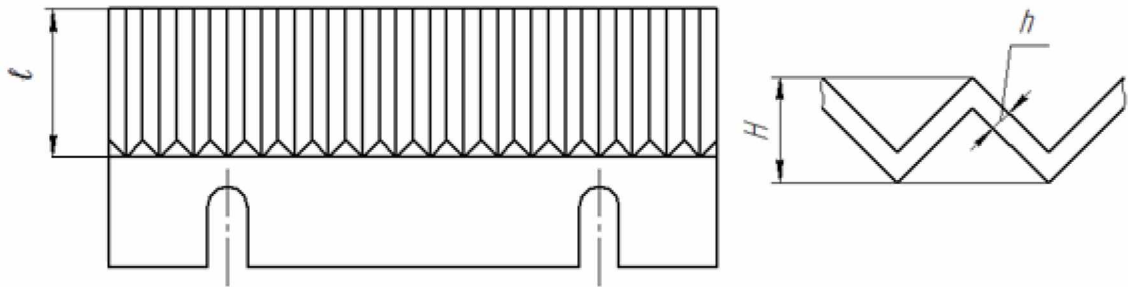


Рисунок 2.3 – Контроль зношених поверхонь за місцем наявності максимальної сплюсненості

Наявність втомних руйнувань фіксували візуально з подальшим виміром глибини руйнування по довжині ріжучої грані.

2.3. Методика досліджень властивостей оброблених поверхонь

При мікро- і макроструктурних дослідженнях в першу чергу оцінювали стан поверхонь, що сприймають значні напруги на вигин, моменти від тертя ковзання матеріалу коренеплоду, що подрібнюється об ріжучі грані. Вони дозволяють судити про стійкість різального інструмента за показниками витривалості на вигин і зношування. У другу чергу визначали технологічний і конструктивний вплив на інструмент, явища, що забезпечують зміцнення структури.

Дослідження проводили з метою вивчення режимів процесу гарячої пластичної деформації і їх впливу на характер структурного стану металу. При направленій пластичній деформації блоки мозаїчної структури дробляться, що веде до значних змін стану металу. Поряд з цим виникає волокниста безперервна структура, що дозволяє також позитивно впливати

на стан металу і параметри зносостійкості і витривалості на вигин граней ножа. Металографічні дослідження проводили за допомогою електронного мікроскопа МІМ-8М.

Показник твердості матеріалу дозволяє оцінювати такі експлуатаційні параметри ножів, як зносостійкість, ріжуча здатність, оброблюваність шліфуванням і різанням. Поряд з цим твердість поверхні дає можливість побічно оцінювати межа міцності і витривалість на вигин ріжучих граней.

Поверхневу твердість ріжучих граней ножа досліджували за методом Роквелла. При цьому використовували шкалу *C* для твердих матеріалів. Для оцінки міцності параметрів ріжучих граней ножа доцільний аналіз показників по глибині зміцненого шару методом визначення мікротвердості, заснованим на вдавлюванні алмазної чотиригранної піраміди в шліф зрізу контрольованої поверхні з інтервалом 0,25 мм по глибині.

Мікротвердість деформованої поверхні перевіряли приладом ПМТ-3 шляхом заміру збільшеного відбитка на мікроскопі і подальшого розрахунку за формулою [12]:

$$H_{\mu} = P/F, \quad (2.1)$$

де P - навантаження на алмазну піраміду, Н;

F - площа поверхні відбитка, м^2 .

Фізичними показниками, що характеризують процес зміцнення граней бурякорізальних ножів, визначали вигляд, характер і абсолютні показники розподілу залишкових напруг і щільності дислокацій при деформації.

Пластична деформація, заснована на додатку до матеріалу, що деформується поверхні зовнішніх навантажень, супроводжується залишковими напруженнями першого роду. Ці напруги мають орієнтовані напрямки, які залежать від ліній ковзання металу при пластичній деформації. Дислокації характеризують недосконалість кристалічної решітки і залежно від показника обумовлюють зміцнюючі або розміцнюючі процеси при деформації металу.

При розробці методики дослідження опору ріжучих граней втоми враховували рекомендації, засновані на розрахункових методах обґрунтування конструкції елементів машин. У роботі використаний експериментальний метод, який базується на вібраційних навантаженнях граней ножа. Для цих цілей була використана вібраційна установка ВУ 5/5000, що забезпечує режимні характеристики, що цілком задовольняють умовам подрібнення цукрових буряків у відцентрової установки:

- діапазон зміни частоти коливань 5 ... 5000 Гц;
- максимальне прискорення процесу стійкості на вигин $g_{max} = 20 \text{ Н/см}^2$;
- максимальна амплітуда коливань $A_{max} = 3/1,8 \text{ мм}$;
- маса випробовуваних деталей – до 5 кг.

Випробуваний ніж 1 (рис. 2.4) встановлювали привалочною площиною 2 на спеціальне пристосування 3 на столі вібростенда.

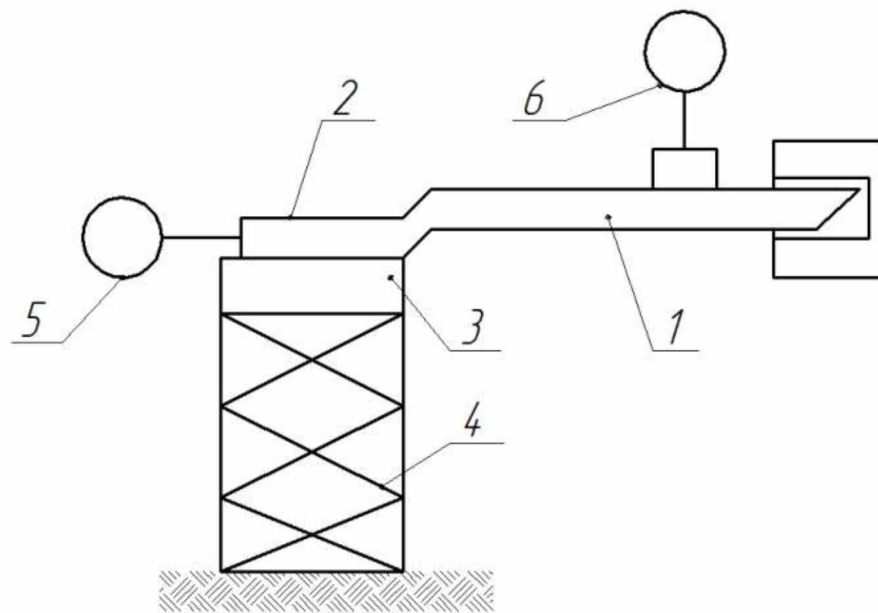


Рисунок 2.4 – Схема установки для дослідження витривалості на вигин

Частоту коливань, створюваних вібратором 4, фіксували і встановлювали датчиком вібратора 5 і вимірним приладом 6. Час випробувань – до моменту появи руйнувань ріжучих граней ножа. Параметри витривалості на вигин визначали порівнянням даних серійного і експериментального зміцненого ножів.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ТЕОРЕТИЧНИХ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ
ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Дослідження процесу подрібнення буряків

Відцентрові бурякорізальні (ВБ) установки отримали переважне використання в цукровій промисловості. Це пояснюється насамперед високою їх продуктивністю, безперервністю подрібнення коренеплодів і високою ефективністю процесу.

Інтенсивна тризмінна робота ВБ обмежується в умовах Полтавської області 5-6 місяцями. За цей період вона повністю забезпечує напруцювання до середнього ресурсу, що є оціночним критерієм довговічності.

Процес подрібнення цукрових буряків у ВБ вивчали за схемою, представленої на рисунку 3.1.

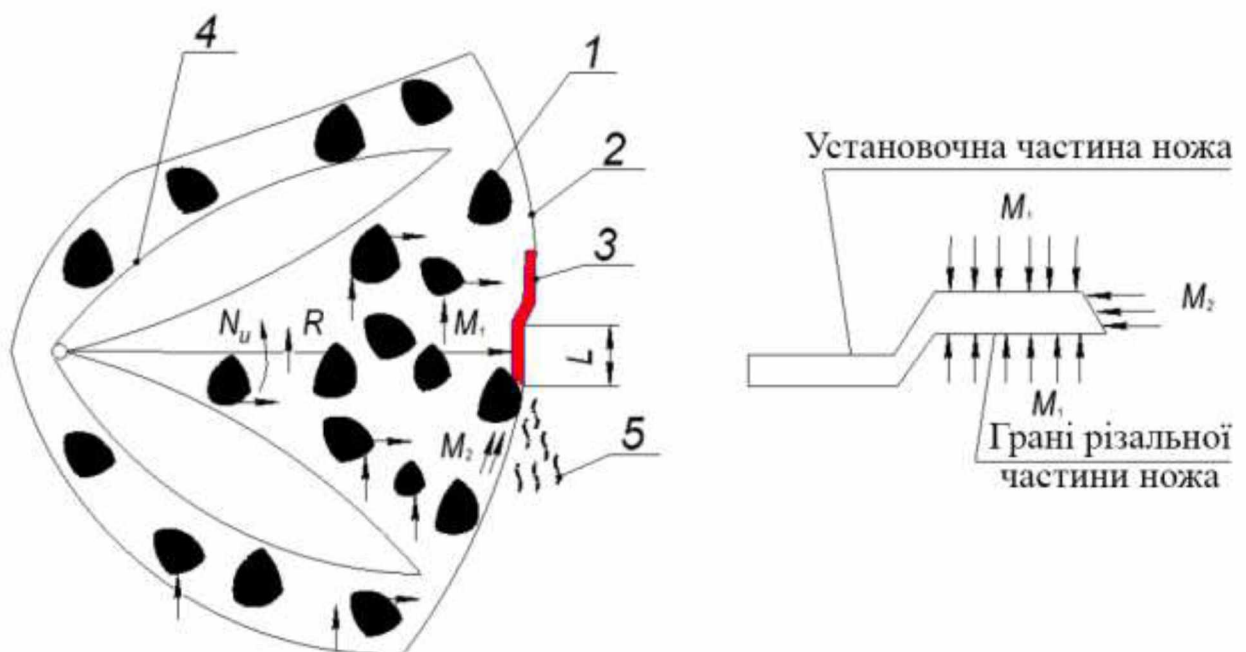


Рисунок 3.1 – Схема процесу подрібнення буряків у ВБ: 1 – буряк; 2 – нерухомий циліндр; 3 – ніж; 4 – равлик; 5 – стружка

У відповідності зі схемою роботи ВБ, представленої на рисунку, на ріжучі кромки ножів при подрібненні впливає крутний момент M_2 , що становить, 1179,88 ... 1287,15 Н·м.

Значні навантаження, що припадають на ріжучі кромки ножів, вимагають теоретичного аналізу причин залежності процесу подрібнення цукрових буряків від технічного стану бурякорізального ножа, що дозволяє встановити допустимі і граничні розмірні стану граней ножа і їх напрацювання на відмову, є такими, що превалюють показниками, що забезпечують стабільну якість стружки. Дана обставина дозволяє запропонувати і досліджувати конструктивно-технологічні методи підвищення зносостійкості різальних кромок і межі витривалості граней на вигин, що регламентують безвідмовність і довговічність ножів.

Під дією відцентрової сили буряк подається до стінок нерухомого циліндра з закріпленими на ньому ножовими рамками. Придбана при цьому окружна швидкість переміщує буряк по нерухомій стінці циліндра і при її зіткненні з ріжучою кромкою ножа зрізує з неї стружку і подає в схід. Процес різання протікає по схемі, представленої на рисунку 3.2. Основними показниками, що характеризують якість подрібнення, є довжина l і товщина a стружки. Тільки їх оптимальне співвідношення дозволяє домогтися максимального виходу сахарози в дифузійному апараті.

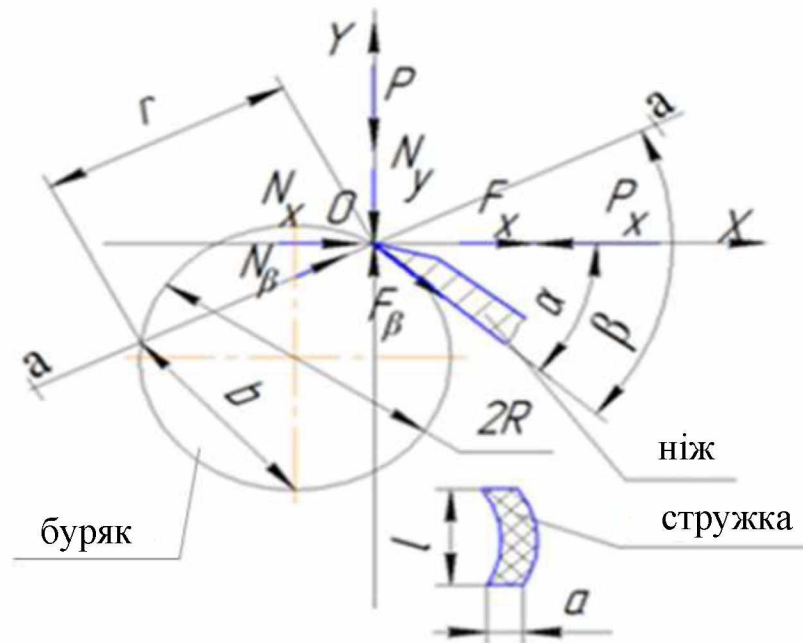


Рисунок 3.2 – Зусилля, що діють на ріжучу кромку ножа при подрібненні цукрових буряків

При зустрічі подрібнюваного буряка з ріжучими кромками ножа виникає зусилля P_x , що витрачається на подолання сили реакції буряка на впровадження в нього ножа N_x . Сила F_x характеризує тертя між гранями ножа і поверхнею зрізу в площині різання а-а, розташованій під кутом α до осі x . При подрібненні буряка проекція нормальної сили на вісь OX , що характеризує силу подолання вигину стружки, позначена N_β , а проекція на вісь OX сили тертя поверхні грані ножа про стружку – P_x . Виходячи з умови рівноваги в проекціях сил на осі OX і OY і провівши необхідні перетворення, отримаємо формулу для розрахунку сили тертя буряка про ріжучі кромки і межі ножа:

$$F_x = \mu N_\beta (\cos \beta - 2 \sin \beta), \quad (3.1)$$

де μ – коефіцієнт тертя буряка об ріжучу грань ножа.

Зусилля, необхідне для різання буряка P_x , визначається з виразу:

$$P_x = N_x + N_\beta \sin \beta + F_x \cos \beta + F_x. \quad (3.2)$$

Виразивши сили тертя через нормальні зусилля N_y і N_β , отримаємо:

$$F_x = \mu N_y \text{ и } F_\beta = \mu N_\beta. \quad (3.3)$$

де:

$$N_y = N_\beta \cos \beta - F_\beta \sin \beta. \quad (3.4)$$

Підстановкою значень F_x і F_β в рівняння отримано значення сили реакції на подолання сил, що перешкоджають впровадженню різальних кромок в матеріал буряка:

$$P_x = N_x + N_\beta [\sin \beta (1 - \mu) + 2\mu \cos \beta]. \quad (3.5)$$

У формулі невідомі зусилля N_x і N_β , що характеризують сили реакції на впровадження буряка в ріжучі кромки і подолання сили вигину стружки в момент подрібнення буряків.

На рисунку 3.2 подрібнюючий буряк представлена у вигляді кола діаметром $2R$, дотичної в площині різання а-а з ріжучою кромкою під кутом α , що характеризує виліт ріжучої кромки ножа щодо вікна сходу стружки у ВБ. Відрізок r утворюється в площині різання і, відповідно, являє собою ділянку, на якому спостерігаються радіальні напруги.

Розподіл величини радіальних напружень буряка при різанні її ножем σ_r описується наступним чином:

$$\sigma_r = -\frac{2P \sin \alpha}{\pi r}. \quad (3.6)$$

Максимальні дотичні напруження $\tau_{\max}$ від впливу інерційних сил визначаються виразом:

$$\tau_{\max} = \frac{1}{2} [\sigma_r] = \frac{P \sin \alpha}{\pi r}. \quad (3.7)$$

У точці дотику O дотичні напруження $\tau_{\max}$ і радіальні σ_r , за умови, що $r = 2R \sin \alpha$, описуються виразами:

$$\tau_{\max} = \frac{P \sin \alpha}{2\pi R \sin \alpha} = \frac{P}{2\pi R}; \quad (3.8)$$

$$\sigma_r = \frac{2P \sin \alpha}{2\pi r \sin \alpha} = \frac{P}{\pi R}. \quad (3.9)$$

За умови, що сила реакції буряка на впровадження в неї різальних кромок $Nx = P$, її можна виразити таким чином:

$$N_x = \pi R \sigma_r b, \quad (3.10)$$

де b – ширина дії зосередженої сили Nx , рівна загальній розгорнутій довжині ріжучих кромок ножа, м.

Руйнування волокон буряка при його подрібненні буде залежати від величини допустимої напруги на стиск:

$$N_x = \pi R [\sigma_{сж}] b. \quad (3.11)$$

Як було встановлено раніше (див. рисунок 3.2), розрізання буряка залежить від зусиль $F\beta$ і $N\beta$. Вигин стружки, що виникає при подрібненні, перешкоджає просуванню різальних кромок в її волокна. Це обумовлено фізико-механічними характеристиками буряка, гостротою різальних кромок і геометричною формою граней ножа. Від їх технічного стану залежить глибина впровадження в буряк і, відповідно, довжина контакту стружки з гранню, в результаті створює певну довжину стружки в 100 г навіски.

Вигин стружки розглядався як вигин консольної балки під дією нормальної розподіленого навантаження P , що змінюється за лінійним законом за довжиною контакту стружки l з гранню ножа.

Зусилля $F\beta$, що характеризує тертя стружки об грань ножа, діє як стискаюче.

Нахил ріжучої кромки ножа під кутом β створює зосереджений момент від пари сил, рівних Nx (див. рисунок 3.2). Максимальне значення дотичних сил спостерігається в точці зрізу буряка, і воно дорівнює добутку коефіцієнта тертя буряка об грань ножа $\mu [\sigma_{сж}]$:

$$F_\beta = \frac{1}{2} \mu [\sigma_{сж}] l l_1, \quad (3.12)$$

де l_1 – сумарна довжина ріжучих кромок ножа, м.

Напругу σ_ρ від дії сили $F\beta$ можна записати у вигляді:

$$\sigma_\rho = \frac{1}{2} \frac{\mu [\sigma_{сж}] l l_1}{S}, \quad (3.13)$$

де S – площа поперечного перерізу стружки, м^2 .

Внаслідок того, що максимальний згинальний момент $M(0)$ спостерігається в точці зрізу, то воно визначається наступним чином:

$$M(0) = M + \frac{1}{2}[\sigma_{\text{сж}}]l \cdot \frac{1}{3}l_1b, \quad (3.14)$$

де M – зосереджений момент, прикладений в точці $x_0 = l$;

b – ширина стружки, м .

Беручи, що напруга вигину стружки при різанні дорівнює:

$$\sigma_{\text{изг}} = \frac{M(0)y_0}{J} \quad (3.15)$$

напругу вигину стружки можна записати в такий спосіб:

$$\sigma_{\text{изг}} = \frac{(6\pi Rll_1[\sigma_{\text{сж}}]\sin\beta + [\sigma_{\text{сж}}]l^2b)y_0}{6J}, \quad (3.16)$$

де J – момент інерції, Нм ;

S – найбільш віддалена від нейтральної осі точка перетину стружки, м .

Довжина поверхні контакту буряка з гранями ножа при подрібненні є визначальним параметром для отримання якісної стружки, що характеризується її довжиною в 100 г навіски. У міру зношування граней ножів при експлуатації їх довжина зменшується, одночасно з цим збільшується і конструктивно встановлений зазор між стінкою нерухомого циліндра і ріжучою кромкою. Це веде до потовщення стружки і, відповідно, зі зменшенням довжини контакту – до її вкорочення. Сила подолання вигину стружки $N\beta$ зростає, так як вона безпосередньо залежить від довжини l і ширини b стружки:

$$N\beta = \frac{1}{2}[\sigma_{\text{сж}}]lb, \quad (3.17)$$

На цій основі з проведеного силового аналізу процесу подрібнення встановлена залежність процесу різання і розмірних параметрів стружки від технічного стану ножа. Розмірні параметри граней ножа необхідно підтримувати у встановлених інтервалах, після перевищення яких настає

граничний стан і, відповідно, відмова за якісною ознакою стружки, що веде до вибракування ножа.

Таким чином, для підвищення довговічності ножів необхідно підвищити зносостійкість різальних кромок і скоротити тим самим кількість перезаточувань, що ведуть до укорочення довжини граней і потовщення стружки.

3.2. Обґрунтування режимів пластичної деформації ножів

Основними показниками обробки тиском заготовок в штамповому оснащенні є технологічні режими, що характеризують температуру переддеформаційного нагріву, зусилля і швидкість деформації. Тільки при їх оптимальних значеннях можливо отримати ніж з підвищеними показниками геометричної форми, розмірів поверхонь, опору зносу і втомного руйнування.

Дослідження температури переддеформаційного нагріву ґрунтувалися на умови використання високих пластичних властивостей матеріалу на початку процесу деформації і їх забезпечення протягом усього періоду деформації з урахуванням остигання. При цьому важливим рубіжним фактором приймалося забезпечення конструктивних форми і розмірів ножа і зміцнення ріжучих граней. Результати експерименту наведені в таблиці 3.1.

Виходячи з даних експериментальних досліджень, слід зробити висновок про доцільність формоутворення ножа в інтервалі температур 950...1050°C. Деформація при знижених температурах веде до низької якості формоутворення ріжучих граней, зниження швидкості деформування і міцних показників оснастки.

Підвищена ж температура не дає ніяких технічних переваг і впливає розміцнюючи на структуру металу.

Таблиця 3.1 – Експериментальна оптимізація режимів пластичної деформації

Температура перед-деформаційного нагрівання, °C	Зусилля деформації, кН	Швидкість деформації, м/с	Якість формоутворення
800	1150	0,0017	Не до кінця сформоване розділення привал очної і роздільної площин, не витримана ромбова форма граней
850	1150	0,0028	Розділення площин сформоване, більш якісне формування ромбової форми граней
900	1100	0,0021	Формоутворення якісне, ромбова форма граней витримана
950	980	0,0018	Формоутворення якісне, ромбова форма граней витримана
1000	750	0,00085	Формоутворення якісне, ромбова форма граней витримана
1050	530	0,00075	Формоутворення якісне, ромбова форма граней витримана
1100	400	0,00064	Формоутворення якісне, ромбова форма граней витримана

При правці ножів, виготовлених з інструментальної вуглецевої сталі У7 і У8, оптимальною прийнята температура в інтервалі 550...600°C, що відповідає температурі нормалізації.

3.3. Результати мікрометражних досліджень

На відміну від прийнятої технології виготовлення ножів, заснованої на механічній обробці привалочної і ріжучої площин з пластини товщиною 12 мм і з розмірами, повністю відповідними конструктивним (рис. 3.3), по дослідженій технології ножі формували із заводських заготовок товщиною 5 мм.



Рисунок 3.3 – Ніж, виготовлений механічною обробкою

Під час висадки заводської заготовки ромбоподібний профіль ріжучих граней забезпечується гранями матриці і пуансона. При цьому вони конструктивно виконані так, що при формоутворенні 5-міліметрова пластина повторює профіль граней і в ріжучої площини вона зростає по висотах двосторонніх ромбів до 9 мм.

У розмірах деформуючих граней закладені одноміліметрові припуски, що дозволяють зробити розточення ріжучих граней товщиною до 1 мм (рис. 3.4).

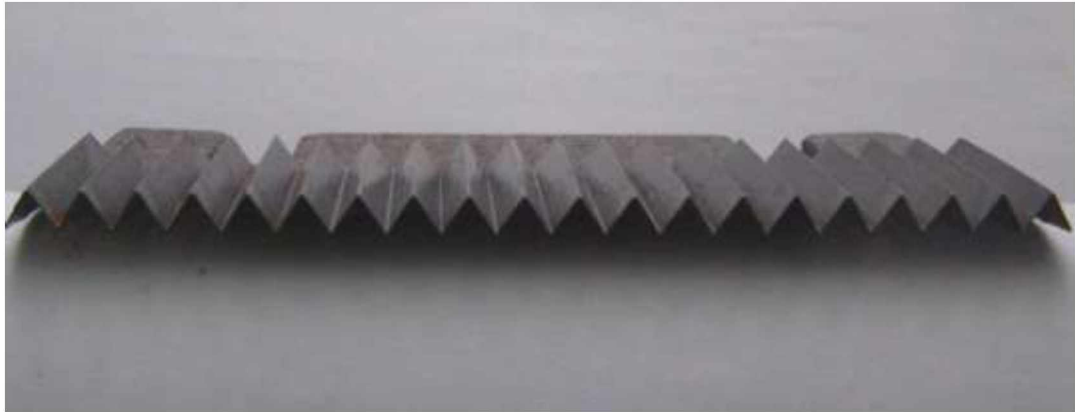


Рисунок 3.4 – Ніж з розточеними ріжучими гранями

Таким чином, заготівка товщиною 5 мм при висадці за прийнятою схемою формоутворення повністю забезпечує формування граней ромбовидної форми. Створювані при висадці припуски 2 мм достатні для фінішного розточення і шліфування.

3.4. Результати мікро- і макроструктурних досліджень

Пластичний вплив на метал при різних режимних показниках супроводжується зміцнюючими або розміцнюючими наслідками. У зв'язку з цим мікроструктурними стан ріжучих площин ножа є що характеризує при призначенні схеми формоутворення і режимів деформації.

Мікроструктурний стан ріжучих граней досліджуваних ножів характеризується скритно кристалічним мартенситом з карбідами хрому (рис. 3.5).

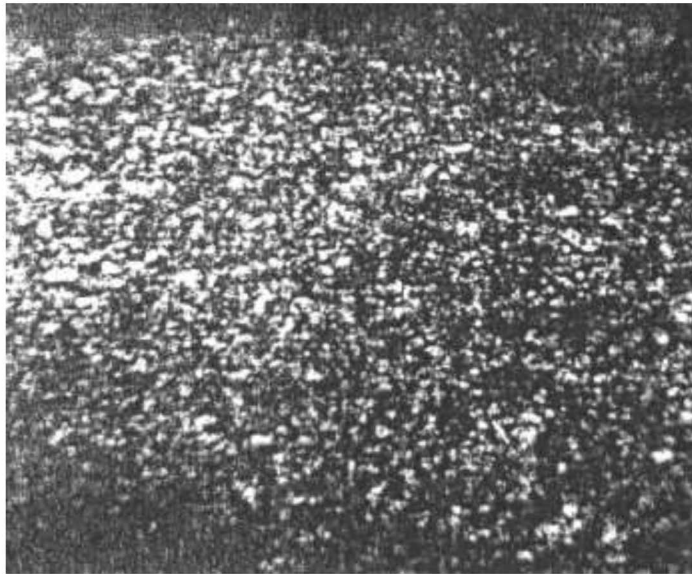


Рисунок 3.5 – Мікроструктура досліджуваних ножів ($\times 300$)

Мікроструктура ріжучих площин ножів, виготовлених за традиційною технологією, являє собою грубо голчастий мартенсит (рис. 3.6).

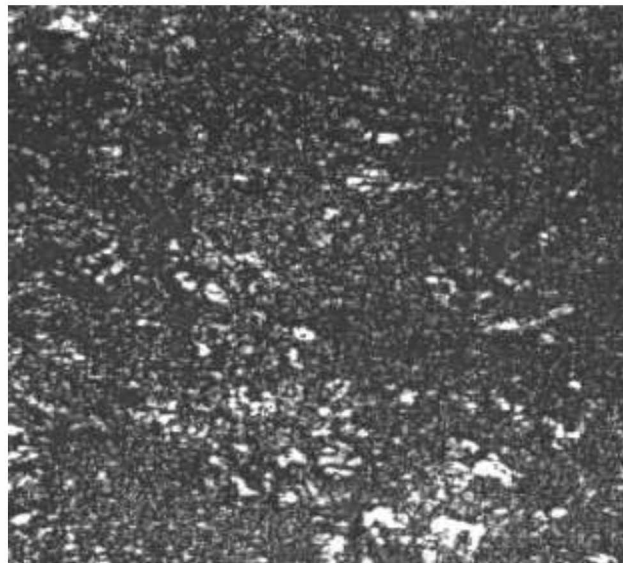


Рисунок 3.6 – Мікроструктура серійних ножів ($\times 300$)

Таким чином, у наявності загальний зміцнюючий ефект досліджуваної технології по всьому перетину граней ножа.

Зміцнення структури також обумовлюється зміною дисперсності зерен, що протікає за рахунок їх дроблення і утворення мозаїчної структури,

витагнутості зерен і структури в цілому в напрямку тангенціального зсуву при деформації граней ножа.

Безсумнівно, це веде до підвищення зносостійкості і витривалості граней на вигин. Макроструктура граней ножа, виходячи з даних мікроструктурного аналізу, безперервно повторює напрямок зсуву і характеризується волокнистістю по всьому ромбічному профілі.

3.5. Аналіз механічних показників зміцнення граней

У зв'язку з конструктивними особливостями ножів бурякорізальних установок ріжучі грані товщиною 0,8 ... 1,0 мм при термомеханічній обробці прогартовуються наскрізь, тому цілком достатньо прийняти виміри в трьох точках, які характеризують крайні і середні стани грані.

Показники мікротвердості, найбільш вірогідно характеризують міцнісний стан ріжучих граней по їх перетину, а також опірність різальних кромок зношуванню, дозволяють зробити висновок про позитивний вплив процесу деформації ножів.

Порівняльні показники мікротвердості представлені на рисунку 3.7.

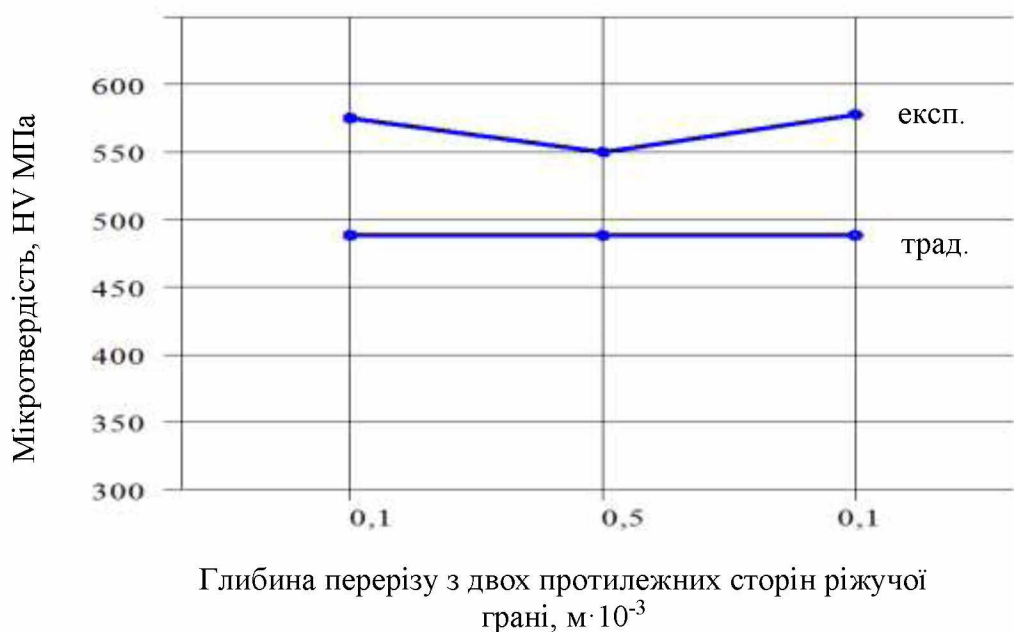


Рисунок 3.7 – Показники мікротвердості перетину ріжучої грані

Мікротвердість в крайових ділянках граней експериментальних ножів досягає 580 МПа, а у граней ножів, виготовлених за традиційною технологією - 485 МПа. Ця обставина підтверджує наявність ефекту зміцнення при прокатці на 27%. Характерним є і розподіл мікротвердості по глибині шару. У серійного ножа вона однакова по всій товщині перетину, а у експериментального – знижується на 40 МПа. Це свідчить про більш щільну будову зерен по краях межі, пояснює процесом подвоєння в кінці висадки.

Дещо знижена мікротвердість в центрі перетину межі дозволить підвищити її стійкість до утворення субмікротріщини. Через незначну товщини ножа і повного прожарювання граней показники поверхневої твердості знаходяться в межах 55-60 HRC.

Основні експлуатаційні властивості ножів бурякорізальних відцентрових установок залежать від їх зносостійкості і міцності, які, в свою чергу, формуються за рахунок поверхневого і об'ємного стану, зумовленого прийнятої технологією обробки.

Виходячи з цього, при аналізі фізичних показників досліджували внутрішній і зовнішній стан металу і поверхонь, що дозволяє в цілому оцінити прийняті технічні та технологічні рішення.

Залишкові напруги виникають в процесі обробки і залишаються після її закінчення. В даному випадку досліджували технологічні залишкові напруги, що виникають і залишаються в ножі при пластичній деформації металу в гарячому стані і урівноважуючі в макрооб'ємів граней ножа. Залежно від прийнятого напрямку деформації вони мають орієнтований напрям і являють собою напруги стиснення, що ведуть до зміцнення, або напруги розширення, що викликають розміцнення оброблюваних поверхонь.

Встановлено, що відповідно до прийнятої і дослідженої схеми формоутворення в ріжучих гранях після пластичної деформації виникають напруги стиснення, які мають невеликі розбіжності значень по глибині шару.

Залишкові напруги у серійних ножів мають принципово відмінний напрямок, так як виникають від напруг різання і загартування, що виникають при термічній обробці ножа.

Картина порівняльного розподілу залишкових напружень у експериментальних і виготовлених за традиційною технологією ножів представлена на рисунку 3.8.

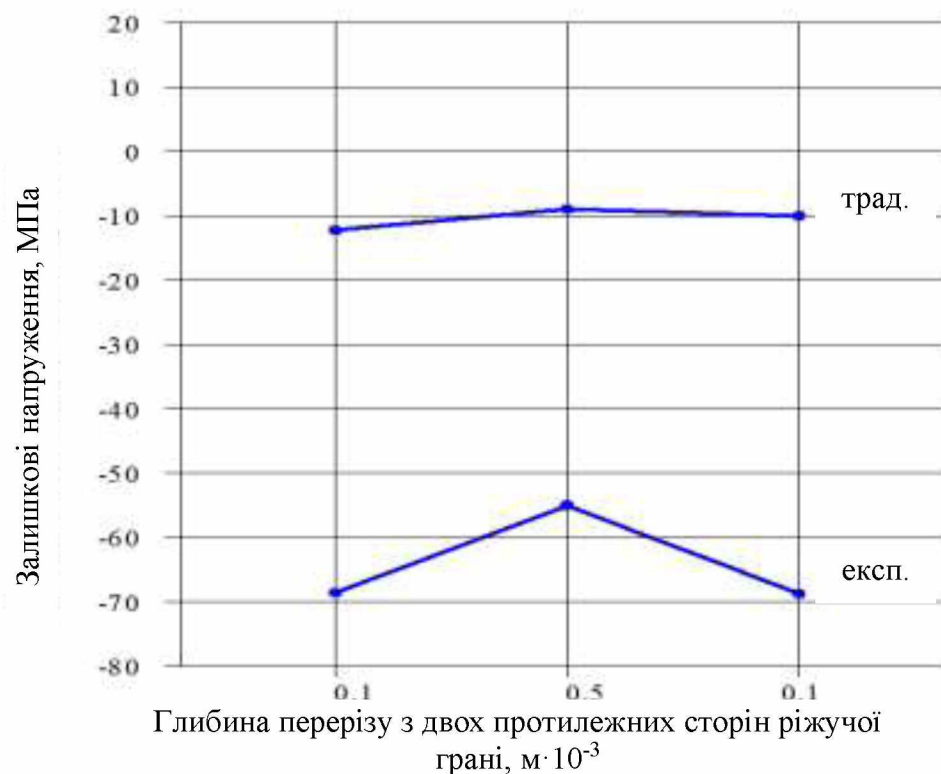


Рисунок 3.8 – Розподіл залишкових напружень

З рисунка 3.8 випливає, що при висадці граней ножа по всьому їх перетину виникають залишкові напруги стиску, що досягають по краях ріжучої площини 68 МПа, що більш ніж в 5 разів перевищує напружений стан серійних ножів. Це свідчить про зміцнення ріжучих граней, що дозволяє говорити про підвищення зносостійкості різальних крайок і витривалості граней на вигин.

При аналізі дефектного стану ножів до ВБ встановлено механізм втомного руйнування граней ножа. При цьому враховувалося, що для сталі

число повторно-змінних навантажень умовно прийнято рівним 10 млн [18], а в нашому випадку при роботі кожен ніж в зміну сприймає близько 50 тис. навантажень, тому вже після 6-10 змін роботи різучі грані починають зазнавати втомних руйнувань при вигині (рис. 3.9).

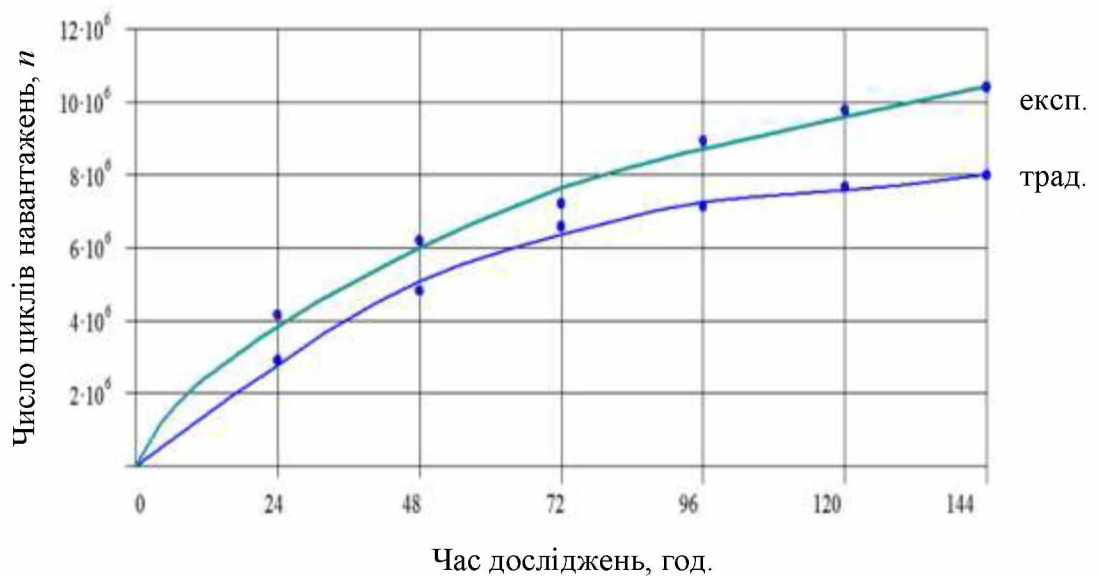


Рисунок 3.9 – Витривалість на вигин різучих граней ножів

Картина зміни межі витривалості на вигин у конструктивно і технологічно вдосконалених ножів при симетричному циклі навантажень схожа з серійним ножем, тільки вже після 72 год. випробувань витривалість збільшується менш інтенсивно. Після 144 год. випробувань, що становить 6 змін безперервної роботи, спостерігаються руйнування різучих граней, які свідчать про граничному стані при досягненні $8 \cdot 10^6$ циклів навантаження.

Висновки

1. Досліджено та обґрунтовано оптимальні технологічні режими, що забезпечують якісне формоутворення ножів до відцентрових бурякорізальних установок:

- температура преддеформаційного нагріву 1000 ... 1050°C;

- зусилля деформації - 950 кН;
- швидкість деформування - 0,00085-0,00075 м/с.

2. Мікрометражними дослідженнями підтверджена відповідність теоретичних передумов формоутворення ріжучих ромбоподібних граней ножів, що забезпечує отримання стабільних розмірів і припусків на проведення фінішних операцій механічної обробки.

3. Дослідженнями мікроструктурного і напруженого стану ножів, виготовлених висадкою в штампованому оснащенні, встановлений механізм зміцнення ріжучих граней, заснований на підвищенні дисперсності зерен металу, їх волокнистої орієнтованості по лініях зсуву, підвищенні міцних показників на 27%, залишкових напруг 1-го роду в 5 раз і зміні дислокаційного стану субмікроструктури в 1,4 рази.

РОЗДІЛ 4

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗРОБОК

4.1. Екологічна експертиза розробок

Екологічна експертиза в Україні – вид науково-практичної діяльності спеціально уповноважених державних органів, еколого-експертних формувань та об'єднань громадян, що ґрунтується на міжгалузевому екологічному дослідженні, аналізі та оцінці передпроектних, проектних та інших матеріалів чи об'єктів, реалізація і дія яких може негативно впливати або впливає на стан навколишнього природного середовища та здоров'я людей, і спрямована на підготовку висновків про відповідність запланованої чи здійснюваної діяльності нормам і вимогам законодавства про охорону навколишнього природного середовища, раціональне використання й відтворення природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки.

Метою екологічної експертизи є запобігання негативному впливу антропогенної діяльності на стан навколишнього природного середовища та здоров'я людей, а також оцінка ступеня екологічної безпеки господарської діяльності та екологічної ситуації на окремих територіях і об'єктах.

Об'єкти, суб'єкти, види екологічної експертизи висвітленні у законі України «Про екологічну експертизу» (9.02.1995р.).

Екологічна експертиза може бути державна, громадська та інша.

Державна екологічна експертиза проводиться експертними підрозділами чи спеціально створюваними комісіями спеціально уповноваженого центрального органу виконавчої влади з питань екології та природних ресурсів та його органів на місцях на основі принципів законності, наукової обґрунтованості, комплексності, незалежності, гласності та довгострокового прогнозування.

Для участі в проведенні державної екологічної експертизи можуть залучатися відповідні органи державного управління України, представники науково-дослідних, проектно-конструкторських, інших установ та організацій, вищих навчальних закладів, громадськості, експерти міжнародних організацій.

Висновок державної екологічної експертизи після затвердження спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади з питань екології та природних ресурсів є обов'язковим для виконання.

Позитивний висновок державної екологічної експертизи є підставою для відкриття фінансування всіх програм і проектів.

Реалізація програм, проектів і рішень без позитивного висновку державної екологічної експертизи забороняється.

Громадська екологічна експертиза здійснюється незалежними групами спеціалістів з ініціативи громадських об'єднань, а також місцевих органів влади за рахунок їх власних коштів або на громадських засадах.

Громадська екологічна експертиза проводиться незалежно від державної екологічної експертизи.

Висновки громадської екологічної експертизи можуть враховуватися органами, які здійснюють державну екологічну експертизу, а також органами, що зацікавлені у реалізації проектних рішень або експлуатують відповідний об'єкт.

Інші екологічні експертизи можуть здійснюватися за ініціативою зацікавлених юридичних і фізичних осіб на договірній основі із спеціалізованими еколого-експертними органами і формуваннями.

Завданням екологічної експертизи є:

а) визначення екологічної безпеки господарювання та іншої діяльності, яка може нині або в майбутньому прямо або посередньо негативно вплинути на стан навколишнього середовища;

б) встановлення відповідності передпроектних, передпланових, проектних та інших рішень вимогам законодавства про охорону навколишнього середовища;

в) оцінка повноти й обґрунтованості передбачуваних заходів щодо охорони навколишнього природного середовища та здоров'я населення, яка здійснюється Міністерством екології та природних ресурсів України разом із Міністерством охорони здоров'я України.

Об'єктом даної екологічної експертизи є відвали корпусів плугів і технологія їх зміцнення напівавтоматичним вібродуговим наплавленням.

При ремонті і відновленні деталей робочих органів ґрунтообробних машин основними факторами, що впливають на оточуюче середовище є:

- металевий пил, що утворюється при обробці деталей на токарних, шліфувальних, хонінгувальних верстатах;
- різноманітні хімічні речовини та їх розчини, що використовуються при відновленні деталей шляхом нанесення покриттів;
- ПММ та продукти їх згорання, що утворюються під час обкатки двигунів;
- шум та вібрація при роботі металообробних верстатів, обкатувальних стендів та ін.

Дослідженнями встановлено, що з огляду на складну конфігурацію відвалів, найбільш прийнятним способом зміцнення представляється дугова наплавка не перекриваючими валиками. Однак, широко застосовувана ручна дугова наплавка через малу товщину відвалів (5 ... 8 мм), викликає їх значне нагрівання, викривлення, формування великих зон відпущення. Наплавлення кромek утруднене їх пропалом. Для зміцнення відвалів плугів доцільно застосовувати вібродугову наплавку, як спосіб з мінімальним тепловкладенням в основний метал.

4.2. Охорона праці

Охорона праці в нашій країні охоплює заходи по подальшому полегшенні умов праці на основі механізації важких і шкідливих виробничих процесів, широкому впровадженню сучасних засобів охорони праці, усуненню причин, що породжують травматизм і професійні захворювання робітників. Вона тісно пов'язана з умовами праці.

Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях в умовах сільського виробництва – важливе завдання, вирішення якого забезпечить нормальні умови праці працівниками сільського господарства. Це заходи по подальшому поліпшенню і оздоровленню умов праці, широкому впровадженню сучасних засобів безпеки, усуненню причин, що породжують травматизм, створенню на виробництві необхідних гігієнічних і санітарно-побутових умов.

Кожна людина і, безперечно, людина з вищою освітою повинна усвідомлювати важливість питань уникнення ризиків у житті та праці.

Україна в освітньому плані приєдналася до Європейської програми навчання з ризиків FORM-OSE. Безпека життя та праці сьогодні формується як наука, без якої людство приречене на значні втрати.

Умови праці – це складне об'єктивне суспільне явище, що формується в процесі трудової діяльності під впливом взаємопов'язаних факторів соціально-економічного характеру, які впливають на здоров'я, працездатність людини, на її відношення до праці та ступінь задоволення від неї, на ефективність праці та інші економічні результати виробництва. Вони характеризуються оціночними показниками мікроклімату, наявністю в робочій зоні шкідливих та небезпечних виробничих факторів, психофізичним та естетичними елементами діяльності працівників господарства.

Охорона життя та здоров'я громадян у процесі їх трудової діяльності, створення безпечних та нешкідливих умов праці є одним з найважливіших

державних завдань. Успішне вирішення цього завдання значною мірою залежить від належної підготовки фахівців усіх освітньо-кваліфікаційних рівнів з питань охорони праці.

З часу виникнення людської цивілізації кожна людина дбала про власну безпеку та безпеку своїх близьких так само, як і людству доводилось дбати про безпеку свого існування. Людська цивілізація досягає все більшої могутності, а проблема безпеки її існування стає все більш гострою. Актуальність проблеми охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях в світі значно зросла на початку третього тисячоліття. Сьогодні ця проблема стала пріоритетною для світової цивілізації.

Всяке порушення аналітичної цілості організму або його функцій внаслідок дії на людину, дії будь-якого небезпечного фактора визначається як травма.

Аналіз небезпечних умов, які існують чи виникають безпосередньо на виробництві показав, що їх можна поділити на групи, які:

- характеризують стан або рівень небезпеки виробничого обладнання або певного робочого місця, конструктивні недоліки конкретного вузла чи машини;
- спонукають працюючого допускати помилки у процесі роботи, низька кваліфікація працюючого та рівень знань з охорони праці;
- створюють можливість проникнення працюючого у небезпечну зону в наслідок відсутності відповідного контролю за дотриманням правил з охорони праці, та інші.

Якщо внаслідок аварії технічної системи виникли травми у людей, то сам випадок травми необхідно розглянути як подію, що є наслідком аварії. Це стосується тих систем, у яких підсистемами одночасно є машина і людина. Якщо при функціонуванні таких систем з ладу вийшла машина, раптово припинивши свої функції внаслідок руйнування окремих деталей або самої машини, і це привело до значного матеріального збитку, то таке випадкове явище необхідно назвати аварією.

Усі явища, що формують небезпечну ситуацію, мають повну достовірність виникнення, а це означає, що небезпечні умови (НУ), небезпечні дії (НД), небезпечні ситуації (НС) і наслідки таких ситуацій: аварія (А), травма (Т) і сприятлива подія належить до випадкових явищ.

Матеріальні системи поєднують у собі системи неорганічної природи (фізичні, хімічні, геологічні та ін.) і живі системи (клітини, найпростіші і високорозвинені організми, популяції, біологічні види, екологічні системи). Особливим класом матеріальних систем є соціальні системи (сім'я, колектив, державна політична система, суспільно-економічна формація). Ідеальною системою є поняття, гіпотеза, теорії, лінгвістичні і логічні побудови і т. ін. Штучною системою є система управління виробництвом, безпекою життєдіяльності і т. ін.

Оскільки при функціонуванні людино-машинних систем такі явища як травми, аварії мають дуже близькі механізми формування та виникнення, у подальшому ці явища будуть описуватись паралельно (рис.4.1).



Рис. 4.1. Блок-схема формування та виникнення травмонебезпечних аварійних ситуацій

Ступенева логіко-імітаційна модель виникнення нещасного випадку наведена на рис. 4.2.



Рис. 4.2. Ступенева логіко-імітаційна модель виникнення нещасного випадку

Схема поетапного аналізу умов виникнення і розвитку аварій наведена в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Схема поетапного аналізу умов виникнення і розвитку аварій

Найменування стадії розвитку аварійної ситуації (аварії)	Основні принципи аналізу умов виникнення (переходу на іншу стадію) аварійної ситуації (аварії та її наслідків)	Способи і засоби попередження, локалізації аварії
1	2	3
Виникнення пожежі	Оцінка й аналіз: можливих масштабів пожежі (площа, кількість горючих продуктів, склад продуктів згоряння, в т. ч. неповного); наявності й ефективності засобів гасіння пожежі; вміння персоналу діяти при ліквідації осередку займання; оперативності й оснащення ДПЧ; наявності і характеристик джерел запалювання	Виключення джерел запалювання; оснащення ефективними засобами гасіння пожежі, засобами сигналізації і зв'язку; дії персоналу і спецпідрозділів щодо рятування людей, гасіння пожежі

Продовження табл. 4.1

1	2	3
Травмування людей	Аналіз кількісних енергетичних характеристик пожежі (енергія випромінювання) та вибуху; наявність і кількість людей в зоні можливого ураження	Раціональне планування промислового майданчика. Розміщення поза межами зони можливого впливу пожежі будівель адміністративного, побутового призначення
Знос, утомленість матеріалу апарата	Перевірка вивченості корозійних властивостей застосовуваних речовин; наявність даних щодо швидкості корозії і зносу; відповідність матеріалу устаткування (трубопроводів), захисного покриття, ущільнювальних матеріалів. Наявність умов для механічного ушкодження устаткування	Застосування обладнання підвищеної надійності, ефективного захисного покриття і захисних пристроїв
Вихід параметрів за критичні значення	Перевірка вивченості властивостей застосовуваних речовин; їх аналіз; виявлення особливо небезпечних речовин; виявлення параметрів, які визначають небезпечність технологічних процесів і їх критичні значення; оцінка достатності оснащення засобами, які виключають вихід параметрів за припустимі межі, їх ефективність, надійність	Дооснащення технологічних процесів засобами контролю, управління й протиаварійного захисту, підвищення їх надійності й ефективності; удосконалення технологічних процесів
Підвищена вібрація	Перевірка надійності й вірності кріплення апаратів, машин, трубопроводів, співвісності з'єднань обертових пристроїв	Своєчасне проведення планово-запобіжних ремонтів

У розділі охорони праці магістерської роботи представлений аналіз загальних питань охорони праці, розглянуто основні шкідливі фактори, що виникають в під час технологічного процесу та їх вплив на організм людини, запропоновано заходи для забезпечення нормальних умов праці:

- 1) для забезпечення безпеки обладнання запропоновані захисні і огорожувальні пристрої;
- 2) для виключення ураження електричним струмом необхідно застосування заземлюючих пристроїв;
- 3) для захисту від небезпечних хімічних речовин – використання спеціального захисного одягу;

4) для зменшення запиленості – використання вентиляції, для зменшення шуму і вібрацій – звукоізолюючі засоби;

4.3. Техніко-економічне обґрунтування розробки

Ефективність запропонованого технологічного процесу з новими конструктивно-технологічними рішеннями, ступінь їх розробленості та виробничої затребуваності оцінювали економічними і виробничими показниками.

Оцінку економічної ефективності здійснювали відповідно до методичними рекомендаціями [28].

Вихідні дані для розрахунків:

- матеріал ножа - 40X13;
- вартість сталі 40X13 - 80 грн./кг;
- вартість ножа - 289 грн.;
- маса заготовки експериментального ножа - 0,6 кг;
- річна виробнича програма - 30000;
- матеріал серійного ножа - У7;
- вартість сталі У7 - 60 грн./кг;
- маса заготовки серійного ножа - 1,45;

Витрати C_n , пов'язані з виготовленням ножа до відцентрових установок, визначали за формулою:

$$C_n = Z_{nl} + C_o + A_o + P_i + Z_{mo}, \quad (4.1)$$

де Z_{nl} - заробітна плата виробничих робітників, грн.;

C_o - вартість основних матеріалів, при масі заготовки 0,6 кг $C_o = 48$ грн.;

A_o - основні амортизаційні відрахування на обладнання, грн.;

P_i - витрати на інструмент, грн.;

Z_{mo} - витрати на ТО, ТР, КР, грн.

Заробітна плата виробничих робітників складається з основної, додаткової заробітної плати і відрахувань на соціальне страхування. Основну заробітну плату визначали виходячи з штучного часу на виконання операцій, годинної тарифної ставки робочого і коефіцієнта, що враховує надбавки до заробітної плати.

Таким чином, витрати на заробітну плату при виготовленні одного ножа складуть 56,16 грн.

Витрати на матеріал визначали виходячи з маси однієї заготовки і вартості матеріалу. Розміри заготовки для виготовлення серійних ножів $17,0 \times 9,0 \times 1,2 = 183,6 \text{ см}^3$, розміри заготовки для експериментального ножа $17,0 \times 9,0 \times 0,5 = 76,5 \text{ см}^3$. Маса заготовок серійного і експериментального ножів відповідно 1450,44 і 604,35 г. Це забезпечує більш ніж дворазову економію металу. Вартість сталі 40Х13 становить 80 грн./кг, а сталі У7 – 60 грн./кг, тоді вартість матеріалу серійної заготовки 87,02 грн., а експериментальної – 48,35 грн.

Амортизаційні відрахування - 1,64 грн.

Річний дійсний фонд часу роботи обладнання $\Phi_D = 1581,3 \text{ ч}$.

Коефіцієнт завантаження устаткування $K_{зав} = 0,8$.

Базові витрати на ремонтно-обслуговуючі роботи:

$$R = (245500 \cdot 12 \cdot 70) / (1581,3 \cdot 0,8 \cdot 100 \cdot 600) = 2,72$$

Витрати на електроенергію визначаються зі співвідношення витрат електроенергії на тарифну ставку 1 кВт · год при встановленій потужності обладнання N :

$$P_e = \sum_{i=1}^n N \cdot t_{um} = 44,5 \cdot 70 = 3115 \text{ грн}. \quad (4.2)$$

Виходячи з прийнятих рішень, собівартість виготовлення ножа по досліджуваній технології:

$$C_n = 56,16 + 48,35 + 1,64 + 1,47 + 31,36 = 138,98 \text{ грн./шт.}$$

Річний економічний ефект від впровадження розробленого технологічного процесу розраховувався за формулою:

$$E_p = [I_c - (C_i + E_n K_n / N)] N. \quad (4.3)$$

де I_c - ціна серійного ножа, руб., $I_c = 289$ грн.;

C_i - собівартість зміцнення ножа за розробленою технологією, грн.;

E_n - нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, $E_n = 0,15$;

K_n - капітальні вкладення, грн.;

N - базова виробнича програма, $N = 30000$ шт.

$$E_p = \left[289 - \left(138,98 + 0,15 \frac{245500}{3000} \right) \right] 3000 = 414000 \text{ грн.}$$

Термін окупності витрат на впровадження нової технології у виробництво:

$$T_e = K_n / E_p \quad (4.4)$$

$$T_e = 245500 / 414000 = 0,6 \text{ років.}$$

Висновки

Річний економічний ефект від використання запропонованих розробок складе 414 тис. грн. при впровадженні 3000 штук ножів.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Обґрунтовано основні показники процесу подрібнення цукрових буряків, що виникають від впливу відцентрових і інерційних моментів при переміщенні буряка у відцентровій бурякорізальній установці. Силowym аналізом робочого процесу встановлена доцільність збільшення довговічності ножів шляхом підвищення зносостійкості і межі витривалості на вигин.

2. Встановлено і досліджені технологічні та конструктивні удосконалення при відновленні і зміцненні ножів, які полягають в усуненні деформацій і викривлень граней.

3. Досліджено та обґрунтовано оптимальні технологічні режими, що забезпечують якісне формоутворення ножів до відцентрових бурякорізальних установок. Температура переддеформаційного нагріву 1000 ... 1050°C; зусилля деформації - 950 кН; швидкість деформування - 0,00085-0,00075 м / с.

4. Мікрометражними дослідженнями підтверджена відповідність теоретичних передумов формоутворення ріжучих ромбоподібних граней ножів, що забезпечує отримання стабільних розмірів і припусків на проведення фінішних операцій механічної обробки.

5. Дослідженнями мікроструктурного і напруженого стану ножів, виготовлених висадкою в штампового оснащення, встановлений механізм зміцнення ріжучих граней, заснований на підвищенні дисперсності зерен металу, їх волокнистої орієнтованості по лініях зсуву, підвищенні міцних показників на 27%, залишкових напруг 1-го роду в 5 раз і зміні дислокаційного стану субмікроструктури в 1,4 рази.

6. Річний економічний ефект від використання запропонованих розробок складе 414 тис. грн. при впровадженні 3000 штук ножів.