

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

**ЛЮЛЬКА ОЛЕКСАНДР МИКОЛАЙОВИЧ**

УДК 664.1.032

**УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ БУРЯКОРІЗАЛЬНИХ  
МАШИН ЦУКРОВОГО ВИРОБНИЦТВА**

05.18.12 – Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та  
фармацевтичних виробництв

**АВТОРЕФЕРАТ**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Київ – 2015

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному університеті харчових технологій Міністерства освіти і науки України.

**Науковий керівник:** доктор технічних наук, професор  
**Мирончук Валерій Григорович**,  
Національний університет харчових технологій,  
Міністерства освіти і науки України,  
завідувач кафедри технологічного обладнання  
та комп'ютерних технологій проектування

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор  
**Паламарчук Ігор Павлович**,  
Вінницький національний аграрний університет  
Міністерства освіти і науки України, завідувач кафедри  
процесів та обладнання переробних і харчових  
виробництв ім. проф. П.С. Берника

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

Захист відбудеться «05» листопада 2015 року о 14<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.058.02 Національного університету харчових технологій Міністерства освіти і науки України за адресою:

01601, м. Київ, вул. Володимирська, 68, аудиторія А-311.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного університету харчових технологій Міністерства освіти і науки України за адресою:

01601, м. Київ, вул. Володимирська, 68.

Автореферат розісланий «01» жовтня 2015 року.

Вчений секретар спеціалізованої  
вченої ради, к.т.н, доцент

Л.О. Кривопляс-Володіна

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Ефективність роботи бурякорізальних машин цукрового виробництва визначається їх продуктивністю, якістю бурякової стружки, питомим енергоспоживанням, витратою бурякорізальних ножів та іншими факторами. Продуктивність бурякорізальної машини значною мірою залежить від швидкості різання та кількості ножів в ній. На характеристики процесу різання впливають: форма загострення та розташування бурякорізальних ножів, їх ступінь зношення, якість цукрових буряків, їх забрудненість.

Висока якість бурякової стружки є одним із основних факторів ефективної роботи промислових екстракторів, бурякопереробного відділення та цукрового заводу в цілому.

Питанню отримання якісної бурякової стружки та дослідженню процесу різання велику увагу приділяли вчені: O'Dogherty M. J., Moore M. A., Davis P. F., Січевой П. С., Нечитайло В. М., Щербakov А. М., Буренков Н. А., Руденко В. І., Щоголев В. Н., Хоменко М. Д., Фабричнікова І. А. На сьогодні, режими різання цукрових буряків визначаються шляхом емпіричного підбору параметрів роботи бурякорізальних машин. Це пояснюється складністю урахування факторів, що впливають на процес різання, якість отриманої стружки та її механічні властивості. Не вичерпані всі можливості, щодо удосконалення конструкцій робочих органів бурякорізальних машин, процесу різання цукрових буряків та встановлення раціональних режимів роботи бурякорізок. Отже, питання удосконалення робочих органів бурякорізальних машин з метою отримання якісної бурякової стружки є актуальним і потребує його подальшого дослідження.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконана згідно до пріоритетного напрямку наукових робіт на 2011-2015 р.р. Національного університету харчових технологій «Розроблення наукових основ тепломасообмінних та інших процесів харчових, мікробіологічних і фармацевтичних виробництв з метою створення нових високоефективних технологій та обладнання, засобів механізації та автоматизації для харчових і переробних галузей АПК» і господарськими темами «Удосконалення робочих органів бурякорізок цукрового виробництва» (номер державної реєстрації №0113U003946, 2013 р.) та «Визначення раціональних характеристик процесу різання бурякової стружки» (за договором №140/14 від 10 жовтня 2014 р.)

**Мета і завдання дослідження.** Метою дисертаційної роботи є удосконалення конструкцій робочих органів бурякорізальних машин цукрового виробництва для підвищення виробничої потужності бурякорізок та покращення якісних властивостей бурякової стружки.

У відповідності з поставленою метою сформульовані такі задачі досліджень:

- проаналізувати теоретичні засади і особливості різання коренеплодів цукрових буряків;
- визначити ступінь впливу геометричних параметрів бурякорізальних ножів на показники роботи бурякорізок і якість отримуваної стружки;

- визначити шляхи удосконалення існуючих конструкцій робочих органів бурякорізальних машин;
- розробити методики і експериментальні установки для проведення досліджень;
- визначити раціональний переріз бурякової стружини з огляду на її якісні показники та екстрагувальні властивості;
- запропонувати нові технічні рішення по отриманню бурякової стружки раціонального поперечного перерізу;
- надати рекомендації щодо раціональних параметрів робочих органів бурякорізок при отриманні стружки трикутного перерізу.

**Об'єкт дослідження** – процес різання цукрових буряків бурякорізальними ножами поширених типів.

**Предмет дослідження** – конструкційні та технологічні параметри робочих органів бурякорізальних машин, якісні показники бурякової стружки.

**Методи дослідження.** Дослідження проводили на розроблених автором та виготовлених на підприємстві ТОВ «Фірма Корунд» лабораторних установках, що дозволяють моделювати процес різання коренеплодів цукрових буряків, отримувати стружку різних поперечних перерізів і визначати питому роботу різання. Дослідження здійснювали методами геометричного і фізичного моделювання. В ході досліджень проводили порівняльні експерименти з використанням спеціально загострених та набраних запропонованим способом ножів для одержання стружки трикутної форми. Обробку експериментальних даних та розрахунки виконували в програмному пакеті для аналізу даних OriginPro, програмі Microsoft Excel, системі комп'ютерної алгебри Mathcad та системі автоматизованого проектування і інженерного аналізу SolidWorks.

#### **Наукова новизна одержаних результатів:**

- науково обґрунтовано та запропоновано спосіб отримання бурякової стружки трикутного поперечного перерізу шляхом почергового використання в ножових рамах кенігсфельдських і плоских ножів;
- експериментально доведено, що трикутний переріз бурякової стружини з кутом при вершині  $60^\circ$  з огляду її технологічності та якості має переваги в порівнянні з ромбовидним, жолобчатим та пластинчатим перерізами;
- уточнені залежності для розрахунку площі поперечного перерізу жолобчатого, ромбовидного та рифлено-пластовидного профілів стружки від висоти підйому бурякорізальних ножів;
- запропонована аналітична залежність визначення величини всіх елементів силової взаємодії цукрових буряків з передніми поверхнями бурякорізальних ножів найпоширеніших типів;
- встановлені закономірності зміни: питомої роботи різання від кута торцювання бурякорізального ножа та швидкості різання; висоти підйому бурякорізальних ножів різної форми від наперед заданого числа Сіліна; площі поперечного перерізу бурякової стружки різних профілів від висоти підйому ріжучої кромки бурякорізальних ножів над контрольною планкою та числа Сіліна з врахуванням зміщення вершин ріжучої кромки кожного наступного ножа за напрямком руху буряків.

**Практичне значення одержаних результатів.** Практична цінність роботи полягає в наданні науково-обґрунтованих рекомендацій промисловості по удосконаленні існуючих і розробці нових робочих органів бурякорізальних машин цукрового виробництва:

- запропонований раціональний переріз бурякової стружки з огляду його геометричних, технологічних та якісних показників;
- визначений раціональний кут торцювання бурякорізальних ножів кенігсфельдського типу, який складає  $50^{\circ} \pm 5^{\circ}$ ;
- запропонований і захищений патентом України на корисну модель новий спосіб отримання стружки трикутного та плоско-гребінчатого поперечних перерізів (патент №86656 від 10.01.2014, Бюл. №1);
- запропонована і захищена патентом України на корисну модель конструкція завитка відцентрових бурякорізок з метою зменшення енерговитрат на їх роботу (патент №77581 від 25.02.2013, Бюл. №4);
- запропоновані нові конструкції двохрядних ножових рам;
- запропонований експрес-метод оцінки придатності бурякорізальних ножів в відцентрових бурякорізках для отримання якісної бурякової стружки;

Результати досліджень реалізовані при удосконаленні робочих органів відцентрових бурякорізок на трьох цукрових заводах і машинобудівному підприємстві України, що підтверджено актами впровадження пропозицій та розробок науково-дослідної роботи в виробництво та навчальний процес НУХТ.

**Особистий внесок здобувача.** Автором особисто проведено аналіз літературних джерел стосовно теоретичних засад і особливостей процесу різання цукрових буряків; розроблено лабораторні установки та уточнено методики експериментальних досліджень; проведено експериментальні дослідження на лабораторних установках та промислових відцентрових бурякорізках; оброблено отримані результати та проведено їх аналіз; сформульовано висновки та рекомендації; розроблено удосконаленні робочі органи бурякорізальних машин. Постановка завдання, аналіз та узагальнення результатів досліджень проведено спільно з науковим керівником д.т.н., проф. В. Г. Мирончуком.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертаційної роботи викладені на: II Міжнародній науково-практичній студентській конференції «Науково-технічна творчість студентів з процесів і обладнання харчових виробництв» (м. Донецьк, ДонНУЕТ ім. Туган-Барановського, 2010); 78, 79, 80, 81-й Міжнародних наукових конференціях молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті» (м. Київ, НУХТ, 2012-2015); другому Північно- та Східно-Європейському конгресі з харчової науки, The Second North and East European Congress on Food «NEEFood-2013» (м. Київ, НУХТ, 2013); трьох міжнародних науково-технічній конференціях цукровиків України «Шляхи диверсифікації виробництва продукції на цукрових заводах України», «Конкурентоспроможність українського цукру на національному та світовому ринках – вимога часу», науково-технічна конференція присвячена пам'яті академіка І.С. Гулого (м. Київ, НУХТ, 2013-2015); Международном научном форуме студентов, аспирантов и молодых ученых «Пищевые инновации и биотехнологии» (г. Кемерово).

во, Россия, КемТИПП, 2013); Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих учених і студентів «Актуальні проблеми розвитку харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі», (м. Харків, ХДУХТ, 2013); 67 Всероссийской научно-технической конференции студентов, магистров и аспирантов высших учебных заведений с международным участием (г. Ярославль, Россия, ЯГТУ, 2014); Міжнародній науковій конференції присвяченій 130-річчю Національного університету харчових технологій «Нові ідеї в харчовій науці – нові продукти харчовій промисловості» (м. Київ, НУХТ, 2014); VIII Всеукраїнській студентській науково – технічній конференції «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання» (м. Тернопіль, ТНТУ, 2015); Міжнародній науково – технічній конференції присвяченій 55 – річчю заснування ТНТУ та 170 – річчю з дня народження Івана Пулюя «Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій» (м. Тернопіль, ТНТУ, 2015).

**Публікації.** За темою дисертаційної роботи опубліковано 24 друковані праці, з них 6 статей у фахових виданнях, в тому числі 1 стаття у закордонному виданні, 16 – тез доповідей на науково-практичних конференціях і форумах різних рівнів, що відбулися в Україні та за кордоном, 2 патенти України на корисну модель.

**Структура та обсяг роботи.** Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних літературних джерел з 175 найменувань і 17 додатків. Основний зміст дисертаційної роботи викладений на 140 сторінках основного тексту. Робота містить 84 рисунків і 3 таблиці.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтована актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету і завдання досліджень, наведено наукову новизну та практичну цінність одержаних результатів, зазначений особистий внесок здобувача, зазначені апробації результатів досліджень.

У **першому розділі** розглянуті та проаналізовані: результати попередніх досліджень процесу різання вцілому та цукрових буряків зокрема; геометричні параметри ножів та їх вплив на якісні показники стружки і питомі витрати енергії; шляхи удосконалення робочих органів бурякорізок; вплив типу та розташування бурякорізальних ножів на форму поперечного перерізу стружини.

Результати проведеного аналізу засвідчили, що відомі поперечні перерізи бурякової стружки обмежують її якісні показники та знецукрення. З огляду на це постає необхідність в проведенні досліджень по визначенню раціонального поперечного перерізу стружки та удосконаленні робочих органів бурякорізальних машин. Сформульовано мету і задачі досліджень.

У **другому розділі** розглянуті об'єкт та предмет досліджень, представлені їхні характеристики. Наведені експериментальні установки та методики проведення досліджень.

Для дослідження процесу різання цукрових буряків створена експериментальна установка маятникового типу (рис 1).

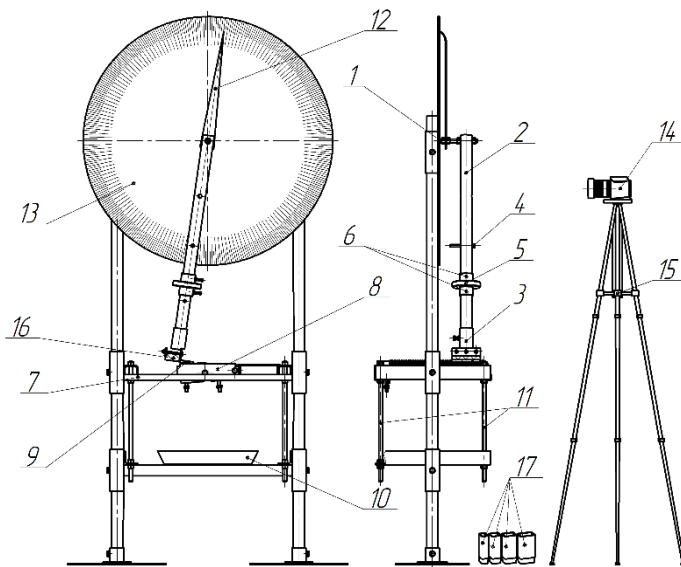


Рис. 1. Схема експериментальної установки для дослідження процесу різання цукрових буряків в стружку: 1 – вісь маятника; 2 – маятник; 3 – пристрій для кріплення зразка буряка; 4 – лазерна указка; 5 – вантаж; 6 – фіксатори вантажу; 7 – робочий стіл; 8 – ножова рама; 9 – ніж; 10 – лоток; 11 – регулювальні шпильки; 12 – стрілка-показчик; 13 – шкала; 14 – фотоапарат; 15 – штатив; 16 – зразок буряка; 17 – висічки.

В нижній частині експериментальної установки на робочому столі встановлено ножову раму з ножом, а на кінці маятника, в тримачі, зразок продукту, що розрізається під час його руху. Необхідна швидкість різання забезпечується початковим кутом підйому маятника, масою і розташуванням на ньому додаткового вантажу.

Для досліджень використовували кенігсфельдські ножі моделі 1011В, з кутом профілю  $75^\circ$ , кроком 8,25 мм, виконання Б і кутом торцювання  $90^\circ$ ,  $75^\circ$ ,  $65^\circ$ ,  $55^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $35^\circ$ ; спеціальні кенігсфельдські ножі з кутом профілю  $60^\circ$ , виконання Б і кутом торцювання  $90^\circ$ ; спеціальні плоскі бурякорізальні ножі. Геометричні параметри лез досліджуваних ножів: різальна кромка гладка з одностороннім ступінчастим загостренням.

При проведенні експериментів використовували цукрові буряки з Лохвицького району Полтавської області, які поділяли на три групи: свіжі 1 категорії (буряки придатні до тривалого зберігання); свіжі 2 категорії (буряки середнього строку зберігання); підв'ялені буряки 1 категорії.

Для отримання бурякової стружки різних поперечних перерізів було створено модуль експериментальної установки, що дозволив зрізати цукрові буряки в стружку жолобчатого, ромбовидного, трикутного та плоскогребінчастого поперечних перерізів (рис. 2) в залежності від типу та установки бурякорізальних ножів.

Основні якісні характеристики стружки (число Сіліна, шведський фактор, відсоток браку в стружці) різних профілів визначали за існуючими методиками.

На підприємствах ТОВ «Новооржицький цукровий завод» та ВАТ «Саливонківський цукровий завод» проводили порівняльні експерименти по визначенню основних якісних характеристик бурякової стружки жолобчатого та трикутного профілів, які отримували на бурякорізках РБА-2-12 та середньоінтегрального часу екстрагування на промислових екстракторах нахиленого типу ДС-12 і колонного типу ЕКА-3. Для вивчення тривалості процесу використовували відомий метод імпульсного введення індикатора. Як індикатор використовували гідрогель (кульки полімерного матеріалу на основі поліакриламід).

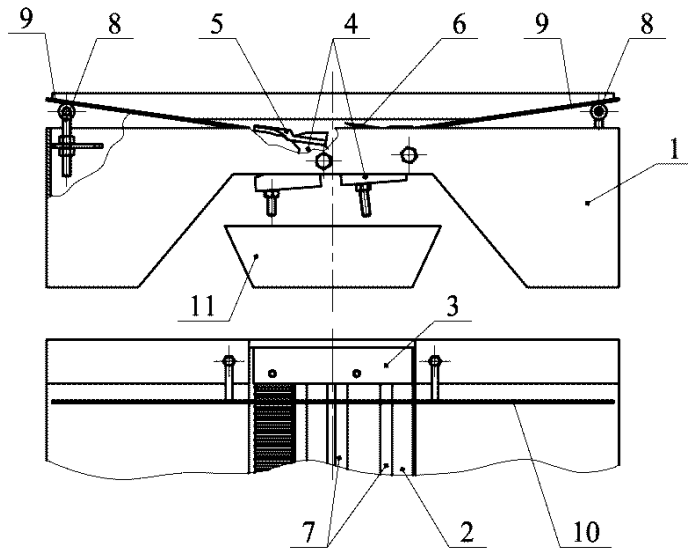


Рис. 2. Схема модуля експериментальної установки для нарізання бурякової стружки: 1 – корпус; 2 – двохрядна ножова рама; 3 – корпус ножової рами; 4 – поворотні стійки; 5 – перший ряд ножів; 6 – другий ряд ножів; 7 – прижимні планки; 8 – пристрій для регулювання кута нахилу робочого столу; 9 – робочий стіл; 10 – напрямна пластина; 11 – лоток для стружки.

Дослідження в ТОВ «Новооржицький цукровий завод» проводили на двох паралельних лініях продуктивністю 3000 т переробки цукрових буряків на добу кожна, обладнаних екстракторами DC-12, що працювали за одних і тих же технологічних режимів. В кожен із екстракторів направляли бурякову стружку різних перерізів від окремих відцентрових бурякорізок РБА-2-12. Дослідні дані отримані експериментальним шляхом обробляли за стандартними методиками.

У **третьому розділі** наведено результати експериментальних досліджень та моделювання процесу різання цукрових буряків. Проведені порівняння основних геометричних характеристик найпоширеніших поперечних перерізів бурякових стружків (рис. 3) за: величиною шляху  $r$  та периметру  $P$  дифундування; величиною моментів опору згину  $W_{min}$  профілів стружки; кількістю пер ножа  $n$ .

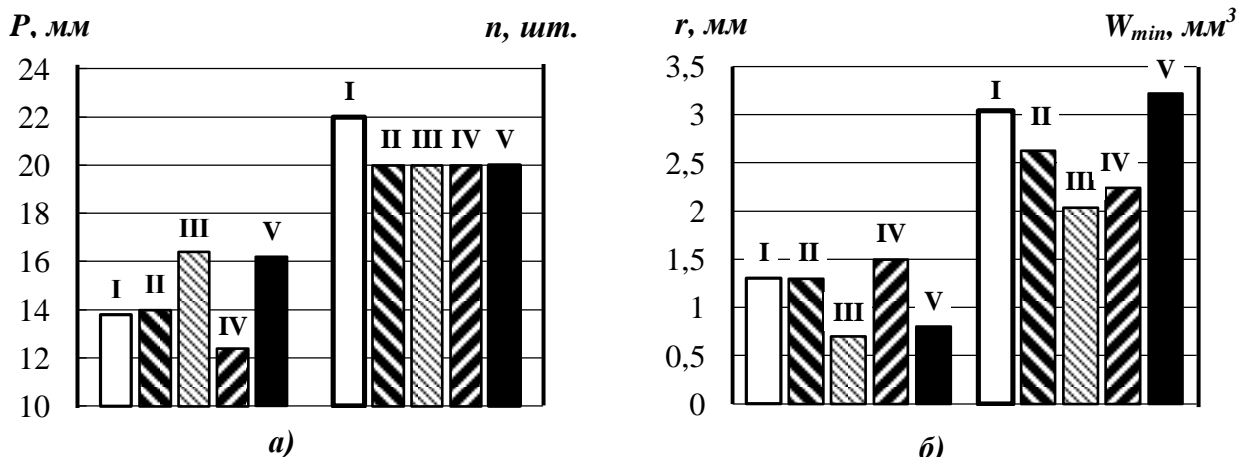


Рис. 3. Залежність кількості пер ножа  $n$  (а), периметру  $P$  (а), шляху дифундування  $r$  (б) та моменту опору згину  $W_{min}$  (б) поперечних перерізів стружків площею  $9 \text{ мм}^2 \pm 0,3 \text{ мм}^2$  (число Сіліна - 10 м) від їх виду: I – трикутний поперечний переріз, кут при вершині  $60^\circ$ ; II – трикутний поперечний переріз, кут при вершині  $75^\circ$ ; III – пластинчатий поперечний переріз; IV – ромбовидний поперечний переріз; V – жолобчатий поперечний переріз.

В ході порівнянь виявилось, що ромбовидна стружка має найменший периметр та найбільший шлях дифундування. Пластинчаста – найменший момент опору згину. Продуктивність бурякорізок при отриманні стружки трикутного перерізу зростає на 10 % за рахунок більшої кількості пер ножів. При нарізанні стружки пластинчастого, жолобчатого, ромбовидного профілів отримують лише 50...60 % стружин з однаковою площею та профілем поперечного перерізу, що обумовлено вільним переміщенням цукрових буряків під час їх перебування в бурякорізці (перпендикулярно напрямку різання та навколо своєї осі). Запропонований нами спосіб отримання стружки трикутного поперечного перерізу забезпечує зростання її однорідності до  $80\% \pm 5\%$ .

Результати досліджень наведені на рис. 4, рис. 5, свідчать про те, що стружка трикутного профілю має кращі якісні характеристики в порівнянні з жолобчатою. Порівнюючи середньоінтегральний час дифундування бурякової стружки трикутного та жолобчатого поперечних перерізів (рис. 6), можна зробити висновок, що трикутна стружка більш рівномірно переміщується транспортними системами вздовж дифузійних апаратів. Потoki в екстракторі при роботі на трикутній стружці мають менші відхилення від протитоку за рахунок більшої однорідності та якості стружки, що підвищує концентрацію дифузійного соку, який відбирається з апаратів, та зменшує вміст сахарози в жомі. Середнє значення вмісту сахарози в жомі для трикутних профілів становить 0,45% до маси жому, а для жолобчатих – 0,5%, що пояснюється підвищенням однорідності трикутної стружки та меншою кількістю браку. Це приводить до: збільшення пористості шару стружки, що забезпечує краще омивання її екстрагентом; зменшення застійних зон; більш рівномірного переміщення стружки в апараті.

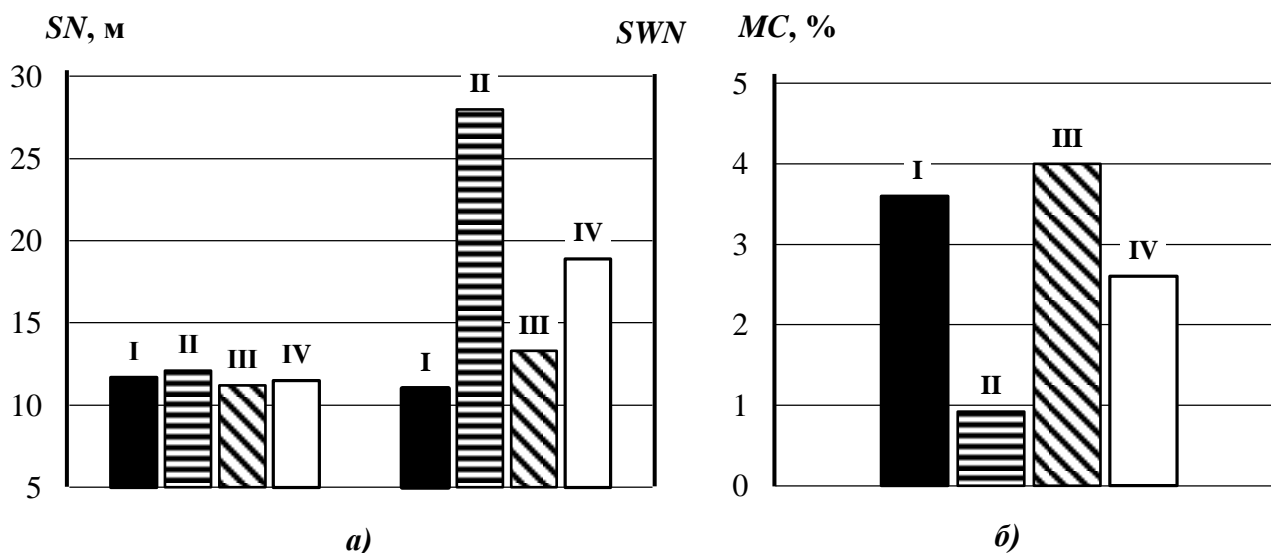


Рис. 4. Залежність числа Сіліна, шведського фактор SWN (а) та відсоток браку MC (б) від виду поперечного перерізу та способу отримання бурякової стружки: I – лабораторна установка, жолобчатий профіль; II – лабораторна установка, трикутний профіль; III – бурякорізка РБА-2-12, жолобчатий профіль; IV – бурякорізка РБА-2-12, трикутний профіль.

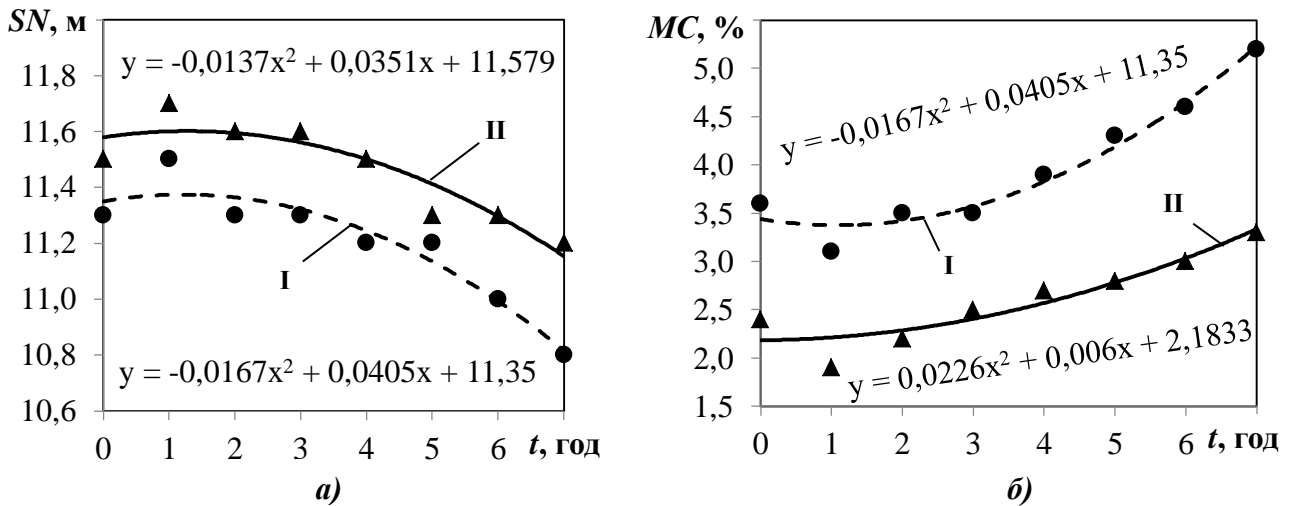


Рис. 5. Залежність числа Сіліна (а) та відсотка браку (б) стружки жолобчатого та трикутного профілів від часу роботи промислових бурякорізок РБА-2-12: I – жолобчатий профіль стружки; II – трикутний профіль стружки.

Залежність питомої роботи різання від типу бурякорізальних ножів (рис. 7), кута їх торцювання (рис. 8), середньої швидкості різання (рис. 9) визначали на лабораторній установці, рис. 1, шляхом зміни швидкості руху дослідного зразка в залежності від маси вантажу  $m_в$ , та його розміщення на осі обертання маятника  $h_в$ . Сумарна питома робота різання при отриманні трикутної стружки запропонованим нами способом менша в порівнянні з використанням лише кенігсфельдських ножів, оскільки сумарне питоме зусилля різання плоского і кенігсфельдського ножів з кутом при вершині  $60^\circ$  на 14 % менше від зусилля для двох кенігсфельдських ножів з кутом при вершині  $75^\circ$ .

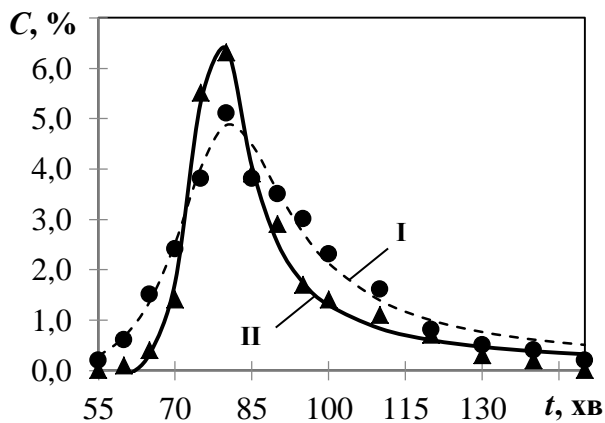


Рис. 6. Криві відгуку роботи промислових екстракторів нахиленого типу на буряковій стружці жолобчатого та трикутного профілів: I – жолобчастий профіль стружки; II – трикутний профіль стружки.

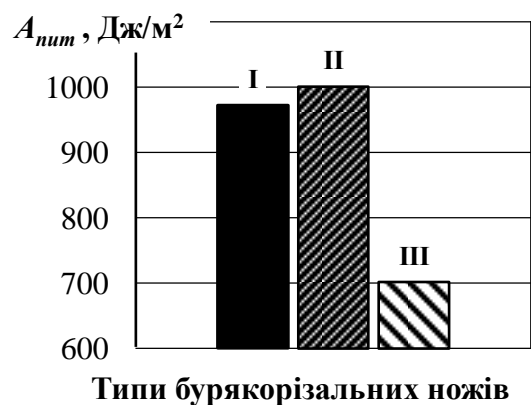


Рис. 7. Залежність питомої роботи різання  $A_{num}$  від типу бурякорізальних ножів при  $V=6 м/с$ : I – ніж кенігсфельдського типу, кут при вершині  $75^\circ$ ; II – ніж кенігсфельдського типу, кут при вершині  $60^\circ$ ; III – плоский ніж.

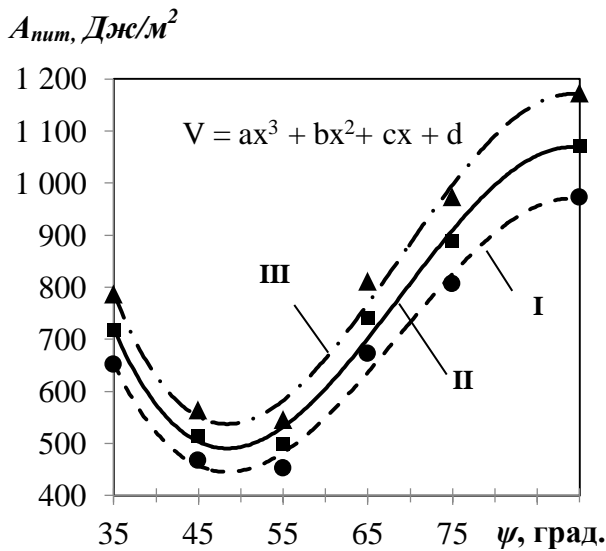


Рис. 8. Залежність питомої роботи різання  $A_{nut}$  від кута торцювання  $\psi$  ножів: I – середня швидкість різання  $V=6$  м/с ( $a=-0,0156$ ;  $b=3,2195$ ;  $c=-201,88$ ;  $d=4444,8$ ); II –  $V=7$  м/с ( $a=-0,0172$ ;  $b=3,547$ ;  $c=-222,41$ ;  $d=4896,9$ ); III –  $V=8$  м/с ( $a=-0,0188$ ;  $b=3,8853$ ;  $c=-243,63$ ;  $d=5363,9$ ).

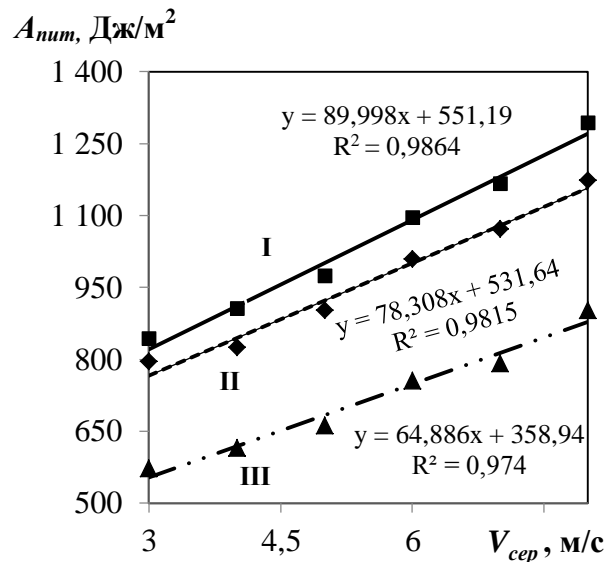


Рис. 9. Залежності питомої роботи різання  $A_{nut}$  від середньої швидкості різання  $V_{сеп}$ : I – ніж кенігсфельдського типу, кут при вершині  $60^\circ$ ; II – ніж кенігсфельдського типу, кут при вершині  $75^\circ$ ; III – плоский ніж.

Дослідження питомої роботи різання для ножів з різним кутом торцювання показали, що раціональним є кут торцювання  $50^\circ \pm 5^\circ$ . Зі збільшенням швидкості різання від 3 м/с до 8 м/с питома робота різання зростає, що можна пояснити збільшенням витрат енергії на надання буряковій стружці необхідної швидкості різання.

Для трикутної і плоско-гребінчастої стружки визначені залежності площі поперечного перерізу та числа Сіліна від товщини стружки, геометричних характеристик бурякорізальних ножів (кута при вершині, кроку, довжини ножа), висоти їх підйому в ножових рамах та запропоновані рівняння для розрахунку (1), (2), (3). Довжина сторони трикутної стружини розраховується за формулою:

$$\delta = \frac{h_n}{\cos \frac{\alpha}{2}}, \quad (1)$$

де  $h_n$  – висота підйому ножів, м;  $\alpha$  – кут при вершині пера ножа, град.

За допомогою рівняння (2) можна визначити необхідний підйом бурякорізальних ножів для заданого числа Сіліна:

$$h_n = \sqrt{\frac{0,2 \cdot \phi}{l_{100z} \cdot \rho \cdot \sin \alpha}} \cdot \cos \frac{\alpha}{2}, \quad (2)$$

де  $\phi$  – коефіцієнт, що враховує відсоток якісної стружки;  $l_{100z}$  – число Сіліна, м;  $\rho$  – середня густина тканини цукрових буряків, кг/м<sup>3</sup>.

Площа перерізу плоско-гребінчатої стружини, що зрізається одним ножем, складається з сумарної площі трикутних стружин та площі пластини, ширина якої буде відповідати ширині ножа, а висота пластини при зрізанні кенігсфельдським ножем відповідає різниці між висотою підйому кенігсфельдського ножа та висотою його пер. При зрізанні плоским ножем висота пластини відповідає різниці між висотою підйому плоского ножа та висотою підйому попереднього кенігсфельдського ножа.

Уточнено методику та запропоновано рівняння (3) прогнозованого визначення числа Сіліна з урахуванням кількості браку стружки, площі поперечного перерізу та якості цукрових буряків:

$$l_{100\%} = \frac{0,1 \cdot \phi}{S \cdot \rho}, \quad (3)$$

де  $S$  – площа поперечного перерізу стружки, м<sup>2</sup>.

Знайдені аналітичні залежності, що дозволяють визначати величину і напрям дії всіх елементів силової взаємодії цукрового буряка з верхніми (рис. 10) та нижніми (рис. 11) передніми робочими поверхнями кенігсфельдського ножа. Розподілені навантаження, що діють на ці поверхні замінимо рівнодійними силами, які прикладені в точках А та Б (серединах верхньої та нижньої передньої площини ножа).

В ході дослідження розглядалися такі основні елементи силової взаємодії:

$P_{BB}$  – відцентрова сила (паралельна осі Оу);

$P_{Tж}$  – загальна сила тяжіння (паралельна осі Ох);

$P_{KB}$  – колова сила, що діє на цукровий буряк (паралельна осі Oz);

$P_H, P'_H$  – сили нормального тиску на верхню і нижню передні площини

кенігсфельдського ножа ( $P_H = P_{BB}^{xy} + P_{Tж}^{xy}$ ;  $P'_H = P_{BB}^{xy}$ );

$$P_H = \frac{L_n \cdot \delta \cdot (H_{cp}^e + H_{cp}^n) \cdot \rho_{\phi\phi} \cdot v_p^2}{2 \cdot R} \cdot \sin \frac{\alpha}{2} + \left( m_{cp1B} + \sqrt{\frac{3 \cdot \pi \cdot m_{cp1B}}{4 \cdot \rho}} \cdot h_{CB} \cdot \rho_{\phi\phi} \right) \cdot g \cdot \cos \frac{\alpha}{2}, \quad (4)$$

$$P'_H = P_{BB}^{xy} = \frac{L_n \cdot \delta \cdot (H_{cp}^e + H_{cp}^n) \cdot \rho_{\phi\phi} \cdot v_p^2}{2 \cdot R} \cdot \sin \frac{\alpha}{2}, \quad (5)$$

де  $L_n$  – ширина ножа, м;  $\delta$  – довжина ріжучої частини ножа, м;  $H_{cp}^e$ ,  $H_{cp}^n$  – середня відстань від передньої поверхні верхнього та нижнього ножа до осердя завитка, м;  $\rho_{\phi\phi}$  – насипна густина цукрових буряків під час їх стиснення в відцентровій бурякорізці, кг/м<sup>3</sup>;  $v_p$  – швидкість різання цукрових буряків, м/с;  $R$  – внутрішній радіус корпусу барабана, м;  $m_{cp1B}$  – середня маса одного буряка, кг;  $\rho$  – середня густина тканини цукрових буряків, кг/м<sup>3</sup>;  $h_{CB}$  – висота стовпа буряків, м;  $g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>.

$P_{BB}^{xy}$ ,  $P_{Tж}^{xy}$  – проекції в площині ХОУ, відповідають відцентровій силі і силі тяжіння, спроектованих на нормаль до верхньої і нижньої передніх площин кенігсфельдського ножа;

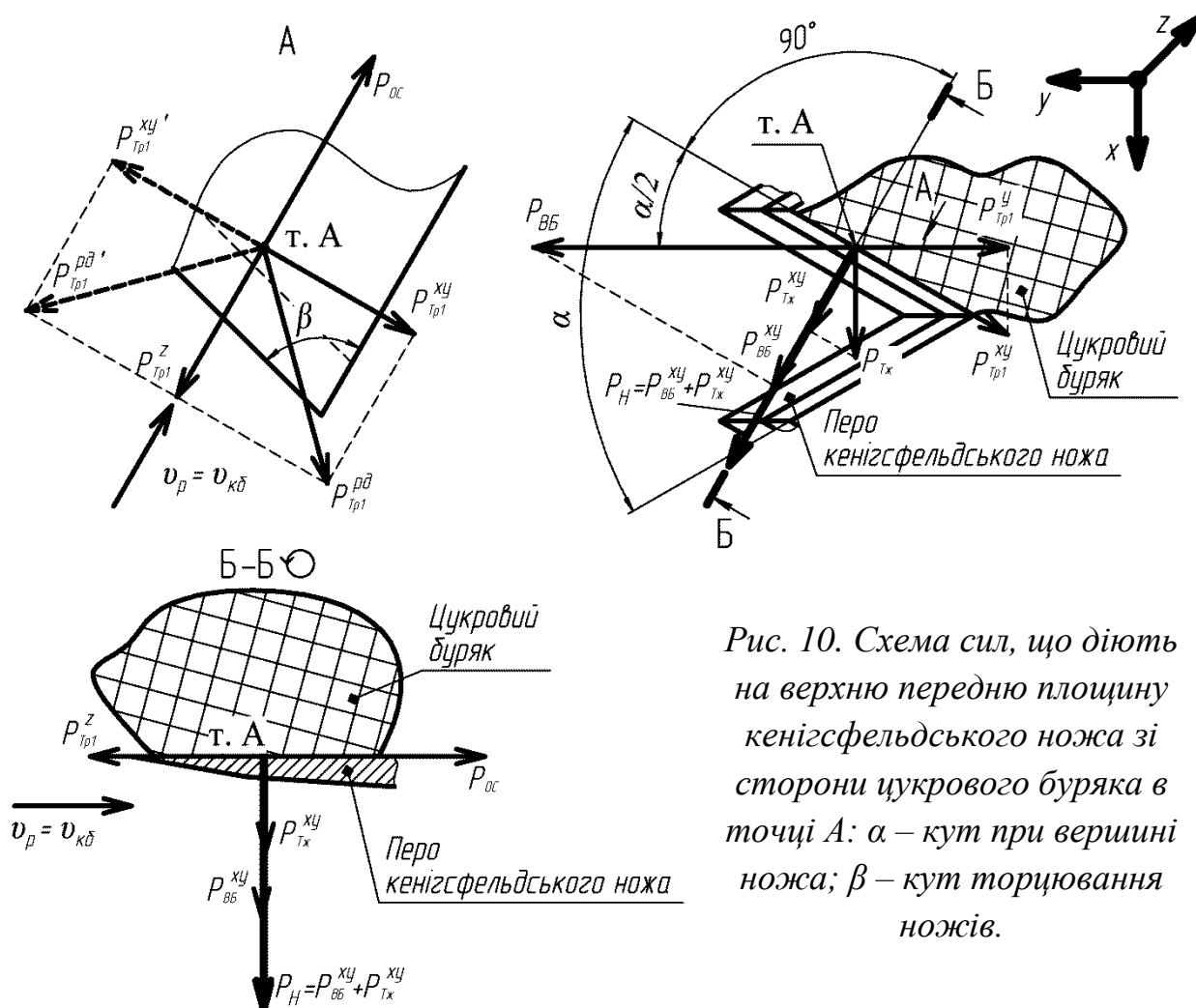


Рис. 10. Схема сил, що діють на верхню передню площину кенігсфельдського ножа зі сторони цукрового буряка в точці А:  $\alpha$  – кут при вершині ножа;  $\beta$  – кут торцювання ножів.

$P_{mp1}^{xy}$  – сила тертя цукрового буряка по верхній передній поверхні кенігсфельдського ножа, при умові  $P_{BB} > P_{Tжс}$ , вона направлена від впадини до вершини ножа, якщо  $P_{BB} < P_{Tжс}$ , то замість неї виникне сила  $P_{mp1}^{xy'}$  рівна за величиною  $P_{mp1}^{xy}$ , але направлена від вершини до впадини;

$P_{mp2}^{xy}$  – сила тертя цукрового буряка по нижній передній площині кенігсфельдського ножа, яка виникає від дії відцентрової сили;

$P_{mp1}^z$ ,  $P_{mp2}^z$  – сили тертя цукрового буряка по верхній і нижній передніх площинах кенігсфельдського ножа, визначаються за формулами (6), (7):

$P_{mp1}^{\rho\delta}$ ,  $P_{mp2}^{\rho\delta}$  – рівнодійні від двох сил тертя на верхній та нижній передніх площинах кенігсфельдського ножа.

$$P_{mp1}^{xy} = P_{mp1}^{xy'} = P_{mp1}^z = f_{ш} \cdot \left( \frac{L_n \cdot \delta \cdot (H_{cp}^e + H_{cp}^u) \cdot \rho_{\delta\delta} \cdot v_p^2}{2 \cdot R} \cdot \sin \frac{\alpha}{2} + \left( m_{cp1B} + \sqrt{\frac{3 \cdot \pi \cdot m_{cp1B}}{4 \cdot \rho_{cpB}}} \cdot h_{CB} \cdot \rho_{\delta\delta} \right) \cdot g \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \right), \quad (6)$$

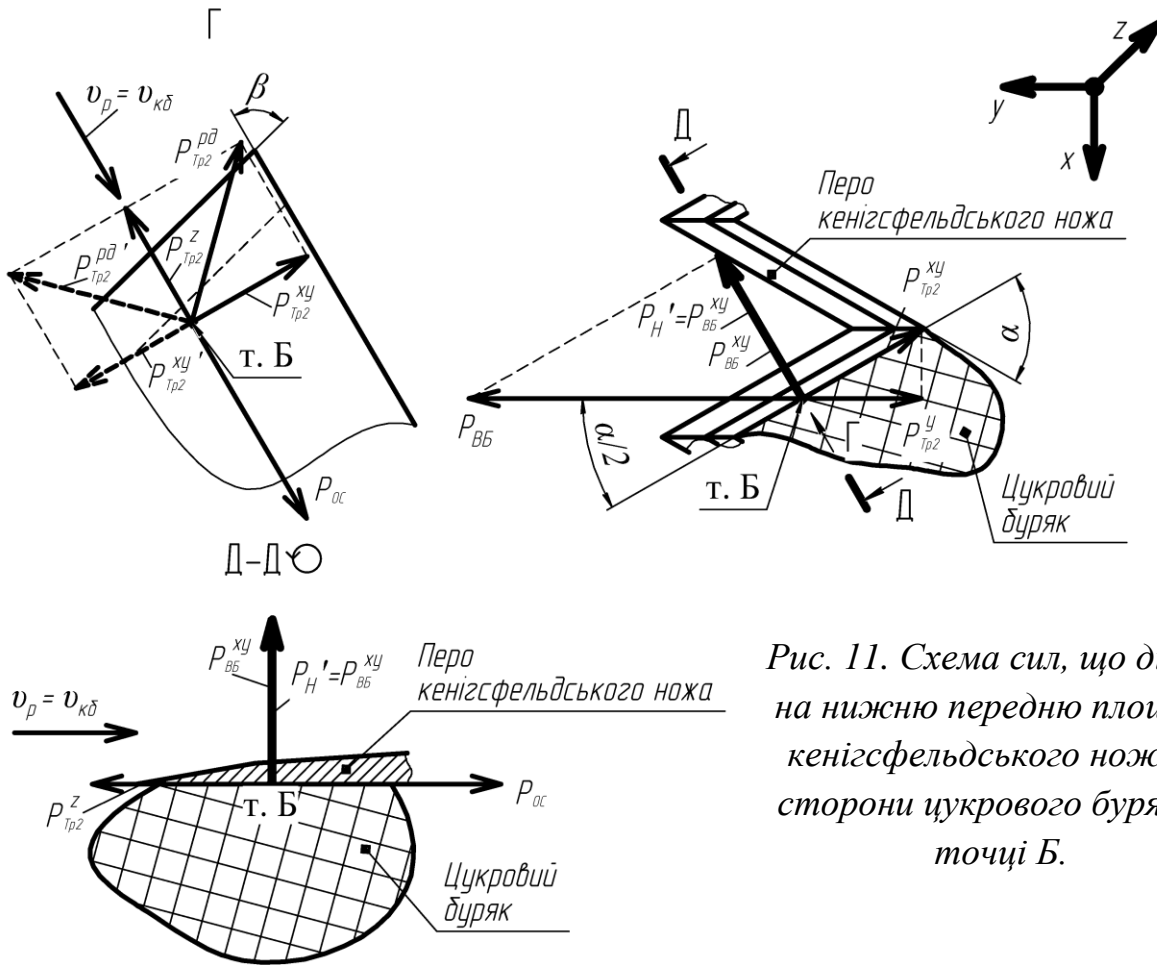


Рис. 11. Схема сил, що діють на нижню передню площину кенігсфельдського ножа зі сторони цукрового буряка в точці Б.

$$P_{\text{тр}2}^{xy} = P_{\text{тр}2}^z = f_{\text{III}} \cdot \frac{L_n \cdot \delta \cdot (H_{\text{cp}}^e + H_{\text{cp}}^n) \cdot \rho_{\text{вб}} \cdot v_p^2}{2 \cdot R} \cdot \sin \frac{\alpha}{2}, \quad (7)$$

де  $f_{\text{III}}$  – коефіцієнт тертя цукрового буряка по передній поверхні пера ножа.

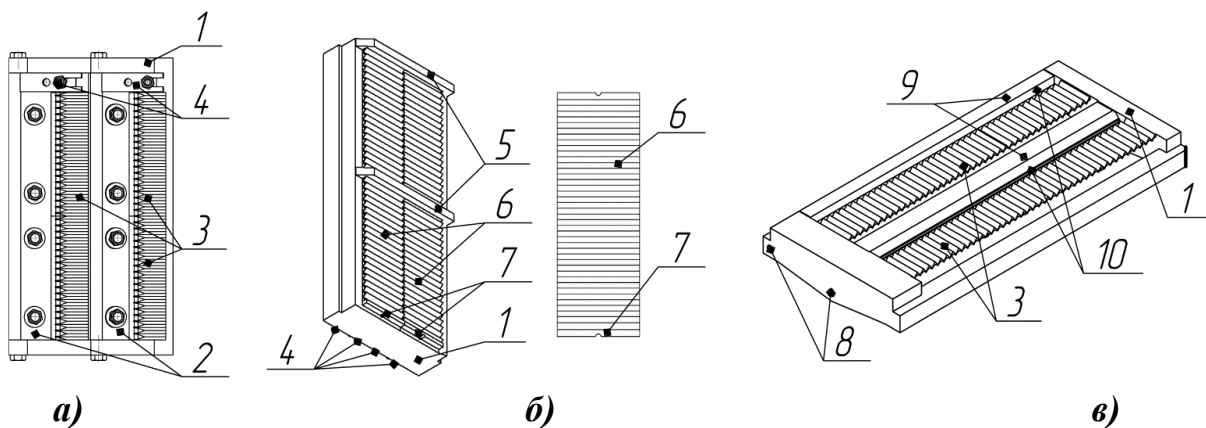
Загальний опір сил тертя від взаємодії цукрового буряка з одним кенігсфельдським ножом визначається за формулою:

$$P_{\text{он}} = P_{\text{тр}1}^z + P_{\text{тр}2}^z = f_{\text{III}} \cdot \left( \frac{L_n \cdot \delta \cdot (H_{\text{cp}}^e + H_{\text{cp}}^n) \cdot \rho_{\text{вб}} \cdot v_p^2}{2 \cdot R} \cdot \sin \frac{\alpha}{2} + \left( m_{\text{cp}1\text{Б}} + \sqrt{\frac{3 \cdot \pi \cdot m_{\text{cp}1\text{Б}}}{4 \cdot \rho_{\text{cpБ}}}} \cdot h_{\text{CB}} \cdot \rho_{\text{вб}} \right) \cdot g \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \right) + f_{\text{III}} \cdot \frac{L_n \cdot \delta \cdot (H_{\text{cp}}^e + H_{\text{cp}}^n) \cdot \rho_{\text{вб}} \cdot v_p^2}{2 \cdot R} \cdot \sin \frac{\alpha}{2}, \text{ або } P_{\text{он}} = f_{\text{III}} \cdot \frac{L_n \cdot \delta \cdot (H_{\text{cp}}^e + H_{\text{cp}}^n)}{2} \cdot \rho_{\text{вб}} \cdot \left( \frac{\pi \cdot n}{30} \right)^2 \cdot R \cdot \sin \frac{\alpha}{2} + \left( m_{\text{cp}1\text{Б}} + \sqrt{\frac{3 \cdot \pi \cdot m_{\text{cp}1\text{Б}}}{4 \cdot \rho_{\text{cpБ}}}} \cdot h_{\text{CB}} \cdot \rho_{\text{вб}} \right) \cdot g \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \cdot f_{\text{III}} + f_{\text{III}} \cdot \frac{L_n \cdot \delta \cdot (H_{\text{cp}}^e + H_{\text{cp}}^n) \cdot \rho_{\text{вб}} \cdot v_p^2}{2 \cdot R} \cdot \sin \frac{\alpha}{2}. \quad (8)$$

Описані вище аналітичні залежності дозволяють оцінити вплив окремих факторів на процес різання цукрових буряків в відцентрових бурякорізках, ха-

ракти руху цукрових буряків та витрати енергії на подолання сил тертя цукрових буряків по передніх робочих поверхнях ножів.

У **четвертому розділі** приведені результати удосконалення конструкцій робочих органів бурякорізальних машин, зокрема розроблені нові конструкції двохрядних ножових рам, використання яких забезпечує покращення якості стружки за рахунок зменшення відстаней між ножами (рис. 12а) та двократне збільшення продуктивності завдяки збільшенню кількості ріжучих робочих органів. Запропоновано нову конструкцію кенігсфельдських ножів, що мають двостороннє загострення, меншу металоємність та торцеве закріплення (рис. 12б). Удосконалено конструкцію двохрядної ножової рами з пневмоочищенням ножів від сторонніх домішок (рис. 12в), яке реалізується шляхом подачі повітря під тиском через отвори в ножовій рамі.



*Рис. 12. Удосконалені конструкції ножових рам та ножів для відцентрових бурякорізок: а) двохрядна ножова рама; б) двохрядна ножова рама з ножами нової конструкції; в) двохрядна ножова рама з додатковим пневмоочищенням); 1 – основа ножової рами; 2 – поворотні стійки; 3 – бурякорізальні ножі; 4 – регульовальні гвинти; 5 – спеціальні прижимні планки; 6 – удосконалені кенігсфельдські ножі з торцевим закріпленням; 7 – кріпильна частина удосконалених ножів; 8 – отвори подачі повітря в ножову раму; 9 – прижимні планки; 10 – отвори для виходу стисненого повітря з ножової рами.*

Запропоновано конструкцію корпусу бурякорізки під двохрядні ножові рами, перевірка якого на міцність за допомогою моделювання в програмному пакеті SolidWorks підтвердили його придатність до експлуатації.

Запропонована удосконалена конструкція завитка відцентрової бурякорізки, що передбачає: встановлення додаткової пластини між зовнішнім торцем кожної лопати завитка та дотичної до його осереддя, яка призводить до зменшення на 10% витрати енергії на роботу бурякорізки, що підтверджено розрахунками; встановлення запобіжних пристроїв, які забезпечують видалення твердих сторонніх домішок з внутрішнього об'єму бурякорізки.

Запропоновано експрес-метод оцінки отримання якісної бурякової стружки, що базується на порівнянні характеристик струменів стружки: напрямленого (рис. 13а) та віялоподібного (рис. 13б). Напрявлений струмінь стружки характеризується рухом стружин чітко вздовж пер ріжучої частини ножа, змінюючи

напрямок на перегині ножа (рис. 13а). Стружка в напрямленому струмені має довжину співрозмірну з розмірами коренеплодів цукрових буряків, однорідну товщину і містить незначну кількість браку. Віялоподібний струмінь утворюється при спрацюванні ріжучих кромek бурякорізальних ножів внаслідок втрати контакту стружин з ножом в зоні різання (рис. 14б). Стружини при цьому подрібнені, мають неоднорідну товщину та містять значну кількість браку.

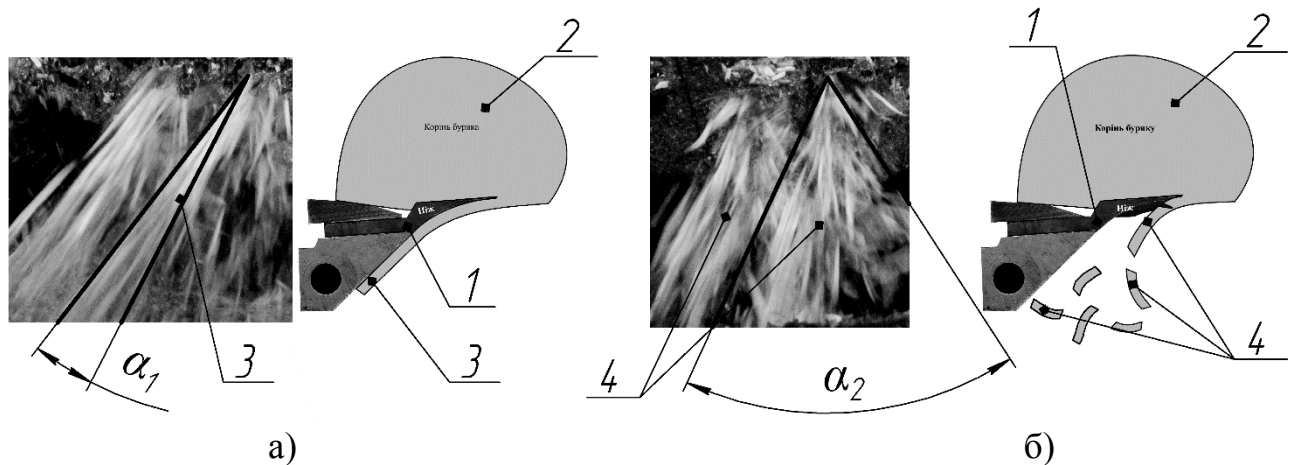


Рис. 13. Схема формоутворення напрямленого (а) та віялоподібного (б) струменів стружки: 1 – бурякорізальний ніж ; 2 – цукровий буряк; 3 – напрямлений струмінь; 4 – віялоподібний струмінь;  $\alpha_1$  – кут, на який розплиюється стружка в напрямленому струмені ( $\alpha_1 \leq 20^\circ$ );  $\alpha_2$  – кут, на який розплиюється стружка в віялоподібному струмені ( $\alpha_2 \geq 50^\circ$ ).

## ВИСНОВКИ

На основі аналізу досліджень процесу різання коренеплодів цукрових буряків в стружку, результатів власних експериментальних досліджень, виконаних в лабораторних і виробничих умовах, розроблені, обґрунтовані та одержані нові важливі результати, які вирішують актуальну науково-практичну задачу по покращенню якісних показників бурякової стружки, збільшенню продуктивності бурякорізальних машин шляхом удосконалення їх робочих органів. Сукупність отриманих результатів дозволяє сформулювати наступні узагальнення та висновки:

1. Встановлено, що бурякова стружка трикутного та плоско-гребінчатого перерізів має переваги технологічного та якісного характеру в порівнянні із стружкою інших перерізів. Для трикутної стружки відсоток браку вдвічі менший ніж для жолобчатої, а вміст сахарози в жомі, відповідно, менший на 0,05 %.

2. Встановлено, що найменші значення питомої роботи при нарізанні усіх видів бурякової стружки досягаються при куті торцювання робочої частини бурякорізального ножа  $50^\circ \pm 5^\circ$ .

3. Експериментально доведено, що бурякова стружка трикутного поперечного перерізу більш рівномірно переміщується по довжині дифузійних апаратів.

тів в порівнянні з жолобчатою. Концентрація індикатора, відповідно до кривих відгуку, в середньому на 20% більша для трикутного перерізу стружки в порівнянні із жолобчатим, що свідчить про менше відхилення від оптимального часу перебування трикутної стружки в апараті.

4. Встановлено, що комбінація кенігсфельдських ножів з кутом при вершині  $60^\circ$  та плоских зменшує питому роботу різання в середньому на 13% в порівнянні з типовою компоновкою ножових рам кенігсфельдськими ножами з кутом при вершині  $75^\circ$ .

5. Запропоновані залежності визначення: питомої роботи різання від кута торцювання ножа та швидкості різання; величини всіх елементів силової взаємодії цукрових буряків з передніми поверхнями бурякорізальних ножів найпоширеніших типів; висоти підйому бурякорізальних ножів різних типів від наперед заданого числа Сіліна; площі поперечного перерізу бурякової стружки різних профілів від висоти підйому ріжучої кромки бурякорізальних ножів над контрольною планкою та числа Сіліна з врахуванням зміщення вершин ріжучої кромки кожного наступного ножа за напрямком руху буряків.

6. Запропоновані нові конструкції двохрядних ножових рам: для почергової установки кенігсфельдських і плоских ножів; для встановлення спеціальних ножів меншої металоємності з торцевим закріпленням.

7. Запропоновані нові конструкції завитка відцентрової бурякорізки (патент України на корисну модель №77581 від 25.02.2013, Бюл. №4), які забезпечують видалення сторонніх домішок з внутрішнього об'єму бурякорізки та зменшення витрат енергії на її роботу в середньому на 10%.

8. Запропонований експрес-метод оцінки отримання якісної бурякової стружки, що базується на порівнянні характеристик струменів.

9. Результати виконаних досліджень впроваджені в: ТОВ «Фірма КО-РУНД», ВАТ «Бучацький цукровий завод», ТОВ «Новооржицький цукровий завод», ВАТ «Саливонківський цукровий завод», навчальний процес НУХТ. Розрахований сумарний економічний ефект складає 4,95 грн. на 1 тону перероблених цукрових буряків.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### *Статті у наукових фахових виданнях:*

1. Люлька О. М. Нова форма бурякової стружки – спосіб отримання і переваги / О. М. Люлька, В. Г. Мирончук, А. П. Адаменко. // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. Міністерство освіти і науки України. – 2013. – Вип. 43. – Том. 2. – С. 141–144.

*Особистий внесок дисертанта: літературний огляд, написання статті, підготовка матеріалів до друку.*

2. Свекловичная стружка треугольного сечения – получение и преимущества / А. Н. Люлька, В. Г. Мирончук, О. В. Адаменко, А. П. Адаменко. // Сахар. – 2014. – №1. – С. 40–43.

*Особистий внесок дисертанта: проведення експериментів, написання статті, формулювання результатів і висновків.*

3. Люлька О. М. Утворення профілей бурякової стружки різної форми – переваги та недоліки кожного з них / О. М. Люлька, В. Г. Мирончук. // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка «Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних та харчових виробництв». – 2014. – Вип. 152. – С. 162–167.

*Особистий внесок дисертанта: літературний огляд, постановка задачі, проведення досліджень, написання статті, формулювання результатів і висновків.*

4. Люлька О. М. Геометричні характеристики бурякової стружки, як фактор ефективної роботи бурякорізок / О. М. Люлька, В. Г. Мирончук, Д. М. Люлька. // Цукор України. – 2015. – №1(109). – С. 19–25.

*Особистий внесок дисертанта: літературний огляд, написання статті, підготовка матеріалів до публікації.*

5. Аналіз роботи промислових екстракторів на буряковій стружці різних профілів / О. М. Люлька, Д. М. Люлька, В. Г. Мирончук, М. М. Пушанко // Наукові праці Національного університету харчових технологій. – 2015. – № 3. – С. 149-155. (стаття у фаховому виданні України, яке включено до міжнародних науко метричних баз *Index Copernicus, EBSCOhost, CABI full text, Universal Impact Factor, Google Scholar*, журнал рекомендовано Міністерством науки та вищої освіти Польщі для публікації результатів наукових досліджень).

*Особистий внесок дисертанта: проведення експериментальних досліджень, написання статті, підготовка матеріалів до публікації.*

6. Comparative analysis of beet cossettes extraction of different profiles on the industrial extractors / O. Liulka, D. Liulka, V. Mironchuk, Y. Bulakh // Ukrainian Food Journal. – 2015. – V. 4. – №2 – P. 335–343. (стаття у фаховому виданні України, яке включено до міжнародних науко метричних баз *Google Scholar, Index Copernicus, DRJI, Universal Impact Factor, Global Impact Factor, EBSCO, UlrichsWeb, CABI full text, ERIH PLUS, Directory of Open Access Scholarly Resources, Directory of Open Access Journals*).

*Особистий внесок дисертанта: літературний огляд, проведення досліджень, написання статті.*

#### **Патенти на корисні моделі України:**

7. Патент 77581 UA, МПК C13B 5/00 (2013.01) B02C 18/00 (2013.01) Відцентрова бурякорізка / Д. М. Люлька, В. В. Пономаренко, О. М. Люлька ; заявник Національний університет харчових технологій. — № u 201207597 ; заявл. 20.06.2012 ; опубл. 25.02.2013, Бюл. №4, 2013 р.

*Особистий внесок дисертанта: патентний пошук, розроблення конструкції обладнання узагальнення результатів, підготовка матеріалів до патентування.*

8. Патент 86656 UA, МПК B02C 18/00 (2013.01) A23N 15/00 (2013.01) Спосіб отримання бурякової стружки / А. П. Адаменко, П. А. Адаменко, О. М. Люлька ; заявник і патентовласник Адаменко А. П., Адаменко П. А. — № u 201307574; заявл. 14.06.2013 ; опубл. 10.01.2014, Бюл. №1, 2014 р.

*Особистий внесок дисертанта: патентний пошук, підготовка матеріалів до патентування.*

***Матеріали та тези конференцій:***

9. Люлька О. М. Модернізація 12-ти рамних бурякорізок зі збільшенням продуктивності / О. М. Люлька // Науково-технічна творчість студентів з процесів і обладнання харчових виробництв: II Міжнародна науково-практична студентська конференція, 2010 р. – Донецьк : ДонНУЕТ, 2010. – С. 14–15.

*Особистий внесок дисертанта: літературний огляд, постановка задачі, проведення досліджень, написання тез доповіді, підготовка матеріалів до друку.*

10. Люлька О. М. Удосконалення конструкцій відцентрових бурякорізок типу СЦБ / О. М. Люлька // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: програма і матеріали 78 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 2-3 квітня 2012 р. – К.: НУХТ, 2012. – Ч. 2. – С. 85-86.

*Особистий внесок дисертанта: аналіз літературних джерел, написання тез доповіді, підготовка матеріалів до друку.*

11. Адаменко В. П. Обладнання для отримання бурякової стружки від фірми «Корунд» та підготовка бурякорізальних ножів. Нові форми бурякової стружки – їх отримання та переваги / В. П. Адаменко, О. М. Люлька // Шляхи диверсифікації виробництва продукції на цукрових заводах України: матеріали Міжнародної науково – технічної конференції цукровиків України, 2013 р. – К.: «Цукор України», 2013. – С. 143-146.

*Особистий внесок дисертанта: наукове обґрунтування теоретичних положень.*

12. Люлька О. М. Удосконалення конструкції відцентрової бурякорізки / О. М. Люлька, В. Г. Мирончук // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: програма і матеріали 79 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 15-16 квітня 2013 р. – К.: НУХТ, 2012. – Ч. 2. – С. 128-129.

*Особистий внесок дисертанта: проведення досліджень, написання тез доповіді, підготовка матеріалів до друку.*

13. Люлька А. Н. Новая форма свекловичной стружки – способ получения и преимущества / А. Н. Люлька, А. П. Адаменко // Пищевые инновации и биотехнологии: Международный научный форум, 2013 г. – Кемерово : КТИПП, 2013. – С. 742-746.

*Особистий внесок дисертанта: аналіз літературних джерел, підготовка матеріалів до друку.*

14. Люлька О. М. Удосконалення конструкції завитка відцентрової бурякорізки / О. М. Люлька, В. Г. Мирончук // Актуальні проблеми розвитку харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів, 25 квітня 2013 р. – Харків : ХДУХТ, 2013. – Ч. 1. – С. 268.

*Особистий внесок дисертанта: проведення досліджень, узагальнення результатів, підготовка матеріалів до друку.*

15. Liulka O. A new form of beet cossettes – the way to get and benefits / O. Liulka, V. Myronchuk, A. Adamenko // The Second North and East European Congress on Food «NEEFood-2013» 26-29 May 2013. – K.: NUFT, 2013. – P. 174.

*Особистий внесок дисертанта: написання тез доповіді, підготовка матеріалів до друку.*

16. Люлька О. М. Отримання бурякової стружки різних профілів – переваги та недоліки / О. М. Люлька, В. Г. Мирончук // Конкурентоспроможність українського цукру на національному та світовому ринках – вимога часу: матеріали Міжнародної науково – технічної конференції цукровиків України, 2014 р. – К.: «Цукор України», 2014. – С. 181-185.

*Особистий внесок дисертанта: наукове обґрунтування теоретичних положень, підготовка до публікації.*

17. Люлька О. Основні якісні показники бурякової стружки трикутного поперечного перерізу / О. Люлька, В. Мирончук // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: програма і матеріали 80 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 10-11 квітня 2014 р. – К.: НУХТ, 2014. – Ч. 2. – С. 102-103.

*Особистий внесок дисертанта: проведення досліджень, написання тез доповіді, підготовка матеріалів до друку.*

18. Ляшук О. Модернізація завитка відцентрової бурякорізки з встановленням запобіжного пристрою для видалення сторонніх домішок / О. Ляшук, О. Люлька // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: програма і матеріали 80 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 10-11 квітня 2014 р. – К.: НУХТ, 2014. – Ч. 2. – С. 111-112.

*Особистий внесок дисертанта: постановка задачі, формування висновків та результатів.*

19. Ляшук А. В. Модернизация улитки центробежной свеклорезки с установкой предохранительного устройства для удаления инородных тел / А. В. Ляшук, А. Н. Люлька // Шестьдесят седьмая региональная научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием, 23 апреля 2014 г. – Ярославль : Изд-во ЯГТУ, 2014. – С. 267.

*Особистий внесок дисертанта: постановка задачі, формування висновків та результатів.*

20. Люлька О. М. Моделювання процесу різання цукрових буряків на відцентрових бурякорізках / О. М. Люлька, В. Г. Мирончук // Нові ідеї в харчовій науці – нові продукти харчовій промисловості: програма і матеріали Міжнародної наукової конференції присвяченій 130-річчю НУХТ, 13-16 жовтня 2014 р. – К.: НУХТ, 2014 – С. 418.

*Особистий внесок дисертанта: проведення експериментів, узагальнення результатів, підготовка матеріалів до друку.*

21. Люлька О. М. Вплив геометрії леза бурякорізальних ножів на витрати енергії різання / О. М. Люлька, В. Г. Мирончук // матеріали Міжнародної

науково – технічної конференції цукровиків України, присвяченій пам'яті академіка І. С. Гулого – К.: «Цукор України», 2015. – С. 171-174.

*Особистий внесок дисертанта: літературний огляд, написання тез доповіді, підготовка матеріалів до друку.*

22. Люлька О. Порівняльний аналіз роботи нахилених дифузійних апаратів на буряковій стружці різних профілів / О. Люлька // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті: програма і матеріали 81 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 23-24 квітня 2015 р. – К.: НУХТ, 2015. – Ч. 2. – С. 73.

*Особистий внесок дисертанта: проведення експериментів, написання тез доповіді, підготовка матеріалів до друку.*

23. Булах Є. Удосконалення ножової рами для відцентрових бурякорізок / Є. Булах, О. Люлька // Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання: матеріали VIII Всеукраїнської студентської науково - технічної конференції, 23-24 квітня 2015 р. – Тернопіль : ТНТУ, 2015. – Т. 1. – С. 9.

*Особистий внесок дисертанта: постановка задачі, формування висновків та результатів, підготовка матеріалів до друку.*

24. Булах Є. Залежність витрат енергії різання від геометрії дифузійних ножів / Є. Булах, О. Люлька, Д. Люлька // Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій: збірник тез доповідей Міжнародної науково – технічної конференції присвяченої 55-річчю заснування ТНТУ та 170-річчю з дня народження Івана Пулюя, 19-21 травня 2015 р. – Тернопіль : ТНТУ, 2015. – С. 197-198.

*Особистий внесок дисертанта: проведення експериментів, узагальнення результатів.*

## АНОТАЦІЯ

**Люлька О. М. Удосконалення робочих органів бурякорізабельних машин цукрового виробництва. – Рукопис.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.12 – Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв. – Національний університет харчових технологій, Київ, 2015.

Дисертаційна робота присвячена удосконаленню робочих органів бурякорізабельних машин цукрового виробництва з метою збільшення їх продуктивності та покращення якісних властивостей бурякової стружки.

Встановлено, що раціональним поперечним перерізом бурякової стружки є рівносторонній трикутник. Запропонований спосіб отримання бурякової стружки трикутного профіля. Експериментально доведено, що бурякова стружка трикутного поперечного перерізу має кращі якісні характеристики, більш рівномірно переміщується по довжині колонних та нахилених дифузійних апаратів, та краще знецукрюється при однакових технологічних умовах в порівнянні з жолобчатою, найпоширенішою на сьогодні.

Встановлено, що найменші значення питомої роботи різання для кенігсфельдських бурякорізабельних ножів досягаються при куті торцювання робочої

частини ножа  $50^{\circ} \pm 5^{\circ}$ , а комбінація кенігсфельдського ножа з кутом при вершині  $60^{\circ}$  з плоским ножом має менші витрати енергії на різання в порівнянні з парою типових кенігсфельдських ножів з кутом при вершині  $75^{\circ}$ .

За допомогою геометричного моделювання уточнений вплив характеристик положення бурякорізальних ножів на форму поперечного перерізу та його площу, а відповідно і число Сіліна. Запропоновані аналітичні залежності визначення: питомої роботи різання від кута торцювання ножа та швидкості різання; величини всіх елементів силової взаємодії цукрових буряків з передніми поверхнями бурякорізальних ножів найпоширеніших типів; висоти підйому бурякорізальних ножів різних типів від наперед заданого числа Сіліна; площі поперечного перерізу бурякової стружки різних профілів від висоти підйому ріжучої кромки бурякорізальних ножів над контрольною планкою та числа Сіліна з врахуванням зміщення вершин ріжучої кромки кожного наступного ножа за напрямком руху буряків.

Практична цінність роботи визначається конкретними пропозиціями по удосконаленню існуючих і розробці нових робочих органів бурякорізальних машин з метою покращення якості стружки, зменшення енерговитрат на роботу бурякорізки, збільшення одиничної продуктивності обладнання.

Результати досліджень реалізовані на трьох цукрових заводах України та одному машинобудівному підприємстві, що підтверджено актами впровадження науково-дослідної роботи в виробництво.

**Ключові слова:** бурякова стружка, різання, бурякорізка, робочі органи, якість стружки.

## АННОТАЦІЯ

**Люлька А. Н. Совершенствование рабочих органов свеклорезных машин сахарной промышленности. - Рукопись.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.12 - Процессы и оборудование пищевых, микробиологических и фармацевтических производств. - Национальный университет пищевых технологий, Киев, 2015.

Диссертация посвящена усовершенствованию рабочих органов свеклорезных машин сахарной промышленности с целью увеличения их производительности и улучшения качественных показателей свекловичной стружки.

Результаты проведенного анализа показали, что известные поперечные сечения свекловичной стружки ограничивают ее качественные показатели и обессахаривание. В связи с этим было установлено, что рациональным поперечным сечением свекловичной стружки является равносторонний треугольник.

Разработана экспериментальная установка, позволяющая моделировать процесс резки сахарной свеклы на промышленных свеклорезках и модуль экспериментальной установки, что позволил срезать сахарную свеклу в стружку желобчатого, ромбовидного, треугольного и плоско-гребенчатого поперечных сечений. Предложен способ получения свекловичной стружки треугольного профиля. Экспериментально доказано, что свекловичная стружка треугольного

поперечного сечения имеет лучшие качественные характеристики, более равномерно перемещается по длине в колонных и наклонных диффузионных аппаратах и лучше обессахаривается при одинаковых технологических условиях по сравнению с желобчатой, распространенной на сегодня.

Установлено, что наименьшие значения удельной работы резания для кенигсфельдских свеклорезных ножей достигаются при угле торцевания рабочей части ножа  $50^\circ \pm 5^\circ$ , а комбинация кенигсфельдского ножа с углом при вершине  $60^\circ$  с плоским ножом имеет меньшие затраты энергии на резку в сравнении с парой обычных кенигсфельдских ножей с углом при вершине  $75^\circ$ .

С помощью геометрического моделирования уточнено влияние характеристик положения свеклорезных ножей на форму поперечного сечения и его площадь, а соответственно и числа Силина.

Предложены аналитические зависимости определения: удельной работы резания от угла торцевания ножа и скорости изрезания; величины всех элементов силового взаимодействия сахарной свеклы с передними поверхностями свеклорезных ножей самых распространенных типов; высоты подъема свеклорезных ножей разных типов от заранее заданного числа Силина; площади поперечного сечения свекловичной стружки различных профилей от высоты подъема режущей кромки ножей над контрольной планкой и числа Силина с учетом смещения вершин каждого следующего ножа по направлению движения свеклы.

Практическая ценность работы определяется конкретными предложениями по совершенствованию существующих и разработке новых рабочих органов свеклорезных машин с целью улучшения качества стружки, уменьшения энергопотребления на работу свеклорезки, увеличения единичной производительности оборудования, а именно предложено: новые конструкции двухрядных ножевых рам, использование которых обеспечивает улучшение качества стружки и двукратное увеличение производительности; новую конструкцию кенигсфельдских ножей, которые имеют двустороннюю заточку, меньшую металлоемкость и торцевое закрепление; усовершенствованную конструкцию двухрядной ножевой рамы с пневмоочисткой ножей от посторонних примесей; конструкцию корпуса свеклорезки под двухрядные ножевые рамы; усовершенствованную конструкцию улитки центробежной свеклорезки, что приводит к уменьшению на 10% затрат энергии на работу свеклорезки; установление предохраняющих устройств, обеспечивающих удаление твердых посторонних примесей из внутреннего объема свеклорезки; экспресс-метод оценки пригодности свеклорезных ножей для обеспечения получения качественной свекловичной стружки, который основывается на оценке характеристик потока стружки.

Результаты исследований внедрены в учебный процесс НУПТ, реализованы на трех сахарных заводах Украины и одном машиностроительном предприятии, что подтверждено актами внедрения научно-исследовательской работы в производство.

**Ключевые слова:** свекловичная стружка, изрезание, свеклорезка, рабочие органы, качество стружки.

**ABSTRACT**

**Liulka O. M. Improving the working bodies of beet slicer machines of sugar production. – Manuscript.**

Dissertation for the degree of candidate of technical sciences on a speciality 05.18.12 – Processes and equipment of food, microbiological and pharmaceutical productions. – National university of food technologies, Kyiv, 2015.

The dissertation is devoted to the improving of the working bodies of beet slicer machines of sugar production for the purpose of increasing its productive capacity and improving quality characteristics of beet cossettes.

It was found that the rational cross section of beet cossette is equiangular triangle. The method to get cossettes of triangle form was proposed. It was experimentally proved that the beet cossette of triangular cross section has better quality characteristics and the saccharose is better extracted from triangle cossette.

It was found that the lowest value of specific work of slicing is reached at the profile angle of  $50^{\circ} \pm 5^{\circ}$  for knives of keningsfeld type. It was found out that the combination of knives of keningsfeld type and knives with flat cutting edge has less energy consumption.

The following analytical dependences were proposed for determining the rising height of beet slicing knives on preassigned Silin number, specific work of slicing on cutting velocity, knives type and their profile angle, the total resistance of cutting on deformation of beet cossettes of triangular profile.

The practical effect of dissertation is defined by the specific proposals on improving the existing and developing the new working bodies of beet slicer machines.

The results of studies are put in the practice at three sugar beet plants in Ukraine and one machine-building plant. It is confirmed by the acts of implementation of scientific-research work into the production.

**Key words:** beet cossettes, cutting, beet slicer machine, working bodies, cossette quality.