

**Фабричнікова І.А.,
Коломієць В.В.**

Харківський національний технічний
університет с/г ім. П. Василенко
E-mail: fabra61@yandex.ua

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ПО ЗБІЛЬШЕННЮ РЕСУРСУ БУРЯКОРІЗАЛЬНИХ НОЖІВ

УДК 664.121.032.3

В статті приведені додаткові практичні рекомендації по збільшенню ресурсу бурякорізальних ножів шляхом зміни профілю робочої поверхні заточних кубанітових кругів на підставі теоретичних досліджень процесу зношення ножів.

Ключові слова: бурякорізальні ножі, знос, зовнішнє тертя, кавітація, ресурс, заточування, кубанітові круги.

Вступ

Як відомо, для вироблення цукру коренеплід цукрового буряка зрізується бурякорізальними ножами в стружку. Важливу роль при цьому має динаміка процесу різання.

В попередніх дослідженнях було з'ясовано, що зношування леза ножа обумовлюється не тільки особливостями його навантаження, що характеризується високою відносною концентрацією зусиль на кромці ножа, але і значним коливанням складових цих зусиль, які і викликають руйнування кромки [1]. Ці руйнування, що не підлягають розгляданню в загальному випадку як різновиди зношування для леза ножа, не можуть бути відділені від процесу його зношування як постійно супутні його взаємодії з анізотропним матеріалом коренеплоду буряка. Теоретично визначено величину сили тертя, її внесок в опір різанню і вплив на зношення бурякорізальних ножів.

Доведено, що в зоні різання маємо гідроабразивне зношення, яке характеризується рухом абразивних часток в потоці рідини (клітинного соку) та активізацією окислювальних процесів поверхневих слоїв ножа за рахунок пластичної деформації, що посилюється явищем кавітації. Приведені оцінки зносу ножа до повного руйнування передньої поверхні його різальної частини, тобто максимальне значення часу роботи ножа до переточування.

Як показали дослідження, окрім абразивного, механічного та корозійного зношення ножа існує також кавітація, яка значно прискорює руйнування ріжучого леза ножа [2]. Але руйнівний вплив кавітації можна суттєво зменшити за рахунок вдосконалення геометрії заточування бурякорізальних ножів та зміцненням робочої частини ножів зносостійкими покриттями.

Зменшення кута торцювання бурякорізального ножа призводить до подовження ріжучої кромки, тобто зменшує питоме навантаження на неї [3]. Застосування кута торцювання $63 \pm 2^\circ$ та оптимальних параметрів загострення ножа дозволяє досягти значення кута загострення $9 \pm 1^\circ$ що, в свою чергу приводить до зменшення зусилля різання від 14Н до 7Н і збільшення такого трибологічного параметра як зносостійкість, та, відповідно, і до зменшення енергозатрат. Встановлені розрахункові залежності між геометричними параметрами леза та величиною, яка визначає місце злому різальної кромки під дією сили, що вигинає лезо ножа. Серед декількох варіантів комбінованих способів зміцнення різальної частини ножів, у порівнянні з базовими ножами типу 1011 В загартованих струмом високої частоти (СВЧ), найбільш ефективними виявилися обробки потужним пучком лазера з подальшим дифузійним насиченням тугоплавкими матеріалами із парів або з одночасною обробкою над дрібним порошком SiO_2 [4, 5].

Запропоновані способи підвищення зносостійкості бурякорізальних ножів вирішують три важливих питання. По-перше, підвищують зносостійкість, корозійну стійкість, ударну в'язкість і тим самим підвищують ресурс ножа, по-друге, виключають короблення ножа, тобто забезпечують чітке дотримання конфігурації, по-третє, підвищують гостроту ріжучої кромки, покращують шорсткість поверхонь робочої частини ножа та зменшують схильність до заїдань, що покращує якість бурякової стружки – один з визначальних чинників ефективності бурякоцукрового виробництва.

Таким чином, в попередніх дослідженнях теоретично обґрунтовано та виконано нове комплексне вирішення проблеми підвищення зносостійкості бурякорізальних ножів за рахунок розробки конструктивних і геометричних засобів оптимізації параметрів ножів і шляхом зміцнення їх різальної частини. Зносостійкість ножів підвищується завдяки їх косому торцюванню і куту загострення різальної частини 9° , та при застосуванні комбінованого способу зміцнення потужним пучком лазера з подальшим дифузійним насиченням тугоплавкими матеріалами із парів або з одночасною обробкою над дрібним порошком SiO_2 .

Постановка проблеми

Розвиток теоретичних основ процесу зношення бурякорізальних ножів з урахуванням впливу сил тертя на миттєві сили різання і інтенсивності руйнування леза ножа внаслідок кавітації дає підстави розробити додаткові практичні рекомендації по збільшенню ресурсу ножів.

Поставлена мета досягається шляхом зміни профілю робочої поверхні заточних кубанітових кругів. Практичне використання таких теоретичних досліджень є доцільним і актуальним, тому що сприяє збільшенню ресурсу бурякорізальних ножів і, як наслідок, підвищенню рентабельності цукрового виробництва.

Виклад матеріалів досліджень

Руйнування ріжучої кромки та вириг окремих елементів внаслідок попадання в бурякорізку сторонніх предметів та домішок в подальших дослідженнях не розглядалися. Закручування окремого елемента ріжучої кромки, що зустрічалося майже на всіх дослідних ножах, (рис. 1 а) підтвердив наявність кавітації. А радіальний знос ножа, що для спрощення ми назвали «фестони», (рис. 1 б, г) зустрічався менше, але чітко виражена форма зносу спонукала до подальшого дослідження.

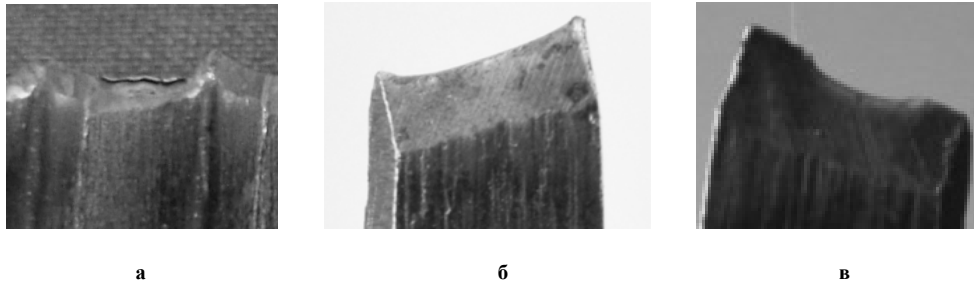


Рис. 1 – Види руйнування окремих елементів ножів при зрізанні коренеплодів буряка у стружку:
а – закручування окремого елемента ріжучої кромки;
б, в – радіальний знос ножа «фестони»

Реальні профілі зношених пер бурякорізальних ножів зроблені на підставі вимірювань зразків, що проводились на універсальному вимірювальному мікроскопі УВМ – 21 в лабораторії ХНТУСГ.

Такий вид зношення найчастіше зустрічався на ножах з покриттям нітридом титану TiN – до 60 % пер, рідше на базових ножах з обробкою СВЧ – біля 40 ... 45 %, на ножах з лазерною обробкою 25 ... 30 % та найменше – на експериментальних ножах з покриттям із над дрібних порошоків та лазерною обробкою – 5 ... 7 %. Як видно із наведених на рис. 1 фотознімків, зразки ножів мають зношення кромки у вигляді «фестонів» різної форми.

Оскільки конструкцією мікроскопу УВМ – 21 передбачено тільки горизонтальне та вертикальне переміщення контрольного зразка відносно об'єктива, то вимірювання зносу різальної кромки зразків проводилося відповідно до схем, що показані на рис. 2 (рис. 1, в) та рис.3.

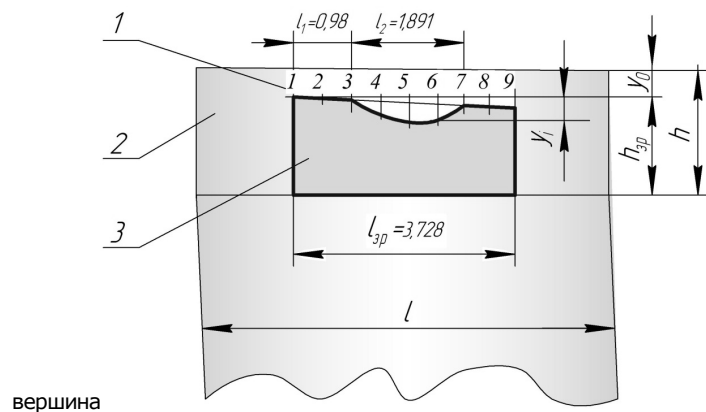


Рис. 2 – Схема вимірювання зносу різальної кромки пера ножа першого зразка:
1 – пояси вимірювання зносу (ординат y_i);
2 – теоретичний контур пера;
3 – контур дослідного зразка

Ширину фаски h приймаємо 2,0 мм, бо при переточуванні ножів фаску робили $h = 2,0 \dots 2,2$ мм, y_i – поточні значення ординат після зношення.

Параметри зносу різальної кромки пер наступних зразків ножів виміряні за аналогічними схемами (рис. 3).

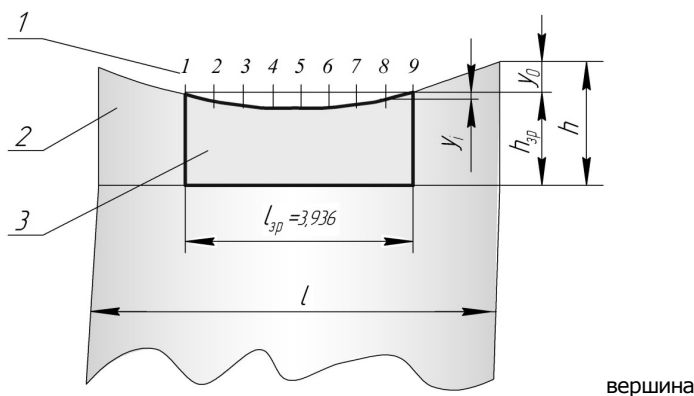


Рис. 3 – Схема вимірювання зносу різальної кромки пера ножа другого зразка:
1 – пояси вимірювання зносу (координата y);
2 – теоретичний контур пера;
3 – контур дослідного зразка

Після обробки отриманих даних отримали рівняння кривих для експериментального ножа:

$$y_1 = 0,015 + 0,21x - 0,058x^2;$$

$$y_2 = 0,013 + 0,24x - 0,053x^2;$$

і для базового ножа:

$$y_3 = 0,014 + 0,25x - 0,06x^2;$$

$$y_4 = 0,0125 + 0,2x - 0,041x^2;$$

$$y_5 = 0,0128 + 0,235x - 0,05x^2.$$

Очевидно, що різниця між цими рівняннями незначна. Це свідчить про те, що зношення від перетікання клітинного соку через різальну кромку існує у всіх ножів і майже однакове по величині. Але якщо врахувати, що тривалість роботи ножів між переточуваннями різна – 6 годин у базових та 28 годин у експериментального ножів – можна стверджувати, що зношення експериментального ножа значно менше у відносному плані, ніж базового.

Як показали дослідження, ріжучі елементи з покриттям із над дрібного порошку SiO_2 та лазерною обробкою мають підвищену зносостійкість через зменшення розміру зерна інструментального матеріалу, що дає підвищену границю текучості, здатність менше потерпати від окислювального та кавітаційного зношення, оскільки менші частки відриваються від поверхні матеріалу разом з окисними плівками [6]. Це підтверджується отриманими даними: параметр y_0 для експериментальних ножів в середньому в два рази менший, ніж у базових.

Варто звернути увагу і на те, що на фестонах базових ножів спостерігаються сліди сколювання кромки, тоді як у експериментальних ножів виникає закручування ріжучої кромки (рис. 1, а). Такі закручування, по-перше, виникають при тривалій експлуатації ножів $\tau \approx 30$ годин, по-друге, легко виправляються при відновленні ножів. А переточування базових ножів потребує видалення більшого шару інструментального матеріалу, що значно зменшує їх ресурс.

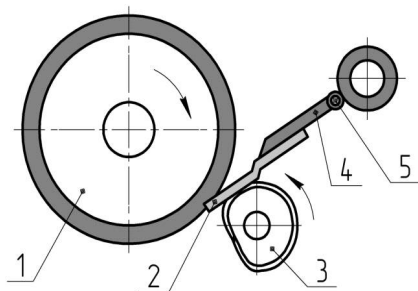


Рис. 4 – Схема напівавтомата УЗН-1 фірми «Корунд»:
1 – шліфувальний круг; 2 – ніж;
3 – кулачок; 4 – важіль; 5 – шарнір

Для заточування ножів використовуються кубанітові круги на металевій зв'язці форми 1ЕЕ1Х та сучасні напівавтомати УЗН-1 та УЗН-2 фірми «Корунд» [7]. Принципова схема напівавтомату УЗН-1 зображена на рис. 4.

До шліфувального кубанітового круга 1 бурякорізальний ніж 2 притискається спеціальним механізмом подавання у вигляді кулачка 3 спеціальної форми, який захвачує ніж, підводить його до кубанітового круга 1, робить за допомогою важеля 4 та шарніру 5 подавання ножа на круг для заточування пера, відводить ніж від круга і переміщує його на інше перо. Це забезпечує високу точність і стабільну якість заточування ножів, а верстат не потребує проведення складних регулювань.

Відновлення бурякорізальних ножів відповідно до вимог ПУП 15.83-37-106:2007 р. складається з рихтування, правки, торцювання, потоншення і заточування різальної кромки, а також ліквідації наявних на зворотній стороні ножа задирок. При цьому використовуються кубанітові круги з робочою поверхнею V-подібної форми з кутом 60° , як показано на рис. 5, а). Та при потоншуванні і заточуванні різаль-

ної кромки варто, на нашу думку, використовувати круги з робочою поверхнею нового профілю – дзеркально відображеного «фестону» від лінії V- подібного контуру, як показано на рисунку 5, б).

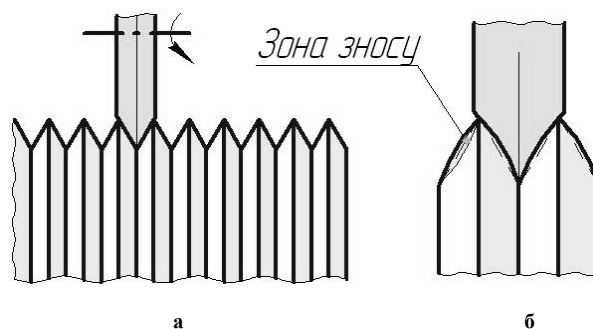


Рис. 5 – Схема візного шліфування при заточуванні бурякорізальних ножів:
а – традиційна схема;
б – схема заточування шліфувальним кругом зміненої конфігурації

Точний профіль кубанітового круга з двох сторін можна виконати правкою алмазним олівцем з використанням копіювального пристрою по формі архімедової спіралі. Такий профіль буде забезпечувати стабільну величину кута між дотичною і профілем в будь-якій точці ріжучої поверхні круга. Запропонована корекція профілю ніяк не погіршить якість бурякової стружки, враховуючи анізотропні властивості коренеплоду, а от зону зношення робочої частини ножа збільшить. Це дасть можливість подовжити термін експлуатації ножів між переточуваннями не допускаючи закручування ріжучої кромки і, відповідно, збільшить ресурс ножа.

Висновки

Зміна геометрії ріжучої поверхні бурякорізальних ножів при заточуванні кубанітовими кругами нового профілю забезпечить підвищення ресурсу ножів за рахунок збільшення маси зношувальної частини ножа в процесі зрізання буряка в стружку.

Профіль по формі архімедової спіралі буде забезпечувати стабільну величину кута між дотичною і профілем в будь-якій точці ріжучої поверхні круга.

Література

1. Фабричнікова І.А. Теоретичне визначення впливу сил тертя на миттєві сили різання, які викликають зношення бурякорізальних ножів [Текст] / І.А. Фабричнікова // Проблеми трибології. – 2012. – №3(65). – С. 94-100.
2. Фабричнікова І.А. Зношення бурякорізальних ножів при зрізанні коренеплоду цукрового буряка [Текст] / І.А. Фабричнікова // Сільськогосподарські машини: Зб. наук. ст. – Вип. 21. – Том II. – Луцьк: ред.-вид. відділ ЛНТУ, 2011. – С. 150-157.
3. Фабричнікова І.А. Дослідження впливу кута торцювання на зносостійкість бурякорізальних ножів [Текст] / І.А. Фабричнікова // Вісник ХНТУСГ ім. П.Василенка. – Харків: 2014. – Вип. 148 – С. 412-418.
4. Фабричнікова І.А. Разработка и внедрение комплексного способа упрочнения свеклорезных ножей для срезания стружки [Текст] / И.А. Фабричникова, В.В. Коломиец // Motrol, Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – Lublin: 2013. Vol.15. No 7. – S. 129-135.
5. Спосіб підвищення зносостійкості бурякорізальних ножів. [Текст]: Пат. 66679 UA України. МПК C21D 1/09(2006.01) C23C 14/00. / Фабричнікова І.А., Скобло Т.С., Коломиець В.В., Мартиненко О.Д. заявник – ХНТУСГ ім. П. Василенка, – u2011 08198; заявл. 30.06.2011, опубл. 10.01.2012, Бюл. №1 – 3с.
6. Коломиец В.В. Влияние величины зерна инструментальной стали на режущие свойства свеклорезных ножей [Текст] / В.В. Коломиец, И.А. Фабричникова // Сахар. – М.: – 2013. – №1. – С. 49-51.
7. Адаменко А.П. Отримання бурякової стружки. Узагальнення досвіду [Текст] / А.П. Адаменко. – К.: Національна асоціація цукровиків України УКРЦУКОР, 2002. – 32 с.

Надійшла в редакцію 21.09.2015

Fabrichnikova I.A., Kolomiets V.V. Practical recommendations on beet slicers' resource increasing.

As you know, in sugar production process beetroot is cut off as chips by beet-slicers. In previous studies theoretically justifies and gives a new comprehensive solution of the problem related to the increase in the beet slicer wear-resistance by developing engineering and geometric methods of the optimization of slicers' parameters and strengthening their slicing section. The wear-resistance of slicers is increased due to their slant facing and the lip angle of 9° for slicing section using combined approach to the hardening, in particular powerful laser beam treatment followed by the diffusion saturation with vapor-deposited refractory materials or simultaneous machining with ultrafine SiO_2 powder.

Development of theoretical base of beet slicers wear process in view of friction forces and cavitation influence gives reason to develop additional practical recommendations on beet slicers resource increasing.

The goal is achieved by changing the profile of the cubic boron nitride grinding wheels working surfaces. Practical use of theoretical research improves beet slicers' durability and increase profitability of sugar production, so it is appropriate and relevant.

Key words: beet slicer (beet-cutting knife), wear, external friction, cavitations, resource, sharpening, cubic boron nitride grinding wheels.

References

1. Fabrychnikova, I.A. Teoretychne vyznachennja vplivu syl tertja na myttevi syly rizannja, jaki vyklykaut' znoshennja burjakorizal'nyh nozhiv [Tekst. Problemy trybologii. 2012. № 3(65). S. 94-100..
2. Fabrychnikova, I.A. Znoshennja burjakorizal'nyh nozhiv pru zrizzanni koreneplody cykrovogo burjaka [Tekst]. Sil'skogospodars'ki mashynu: Zb. nayk. st. Vup. 21. Tom II. Lyc'k: red.-vud. viddil LNTY, 2011. S. 150-157.
3. Fabrychnikova, I.A. Doslidzhennja vpluvy kyta torcyvannja na znosostijkist' burjakorizal'nyh nozhiv [Tekst]. Visnyk HNTUSG im. P. Vasylenka, vyp. 148, Kharkiv: 2014. S. 412-418.
4. Fabrychnikova, I.A., Kolomiec V.V. Razrabotka I vnedrenie kompleksnogo sposoba yprochnenija svekloreznyh nozhej dlja srezanija stryzhki [Tekst]. Motrol, Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. Lublin: 2013. Vol.15. No 7. S. 129-135.
5. Sposib pidvyshennja znosostojkosti burjakorizal'nyh nozhiv [Tekst] : pat. 66679 UA Ukrainy. MPK C21D 1/09(2006.01) C23C 14/00. Fabrychnikova I.A., Skoblo T.S., Kolomiec V.V., Martunenko O.D. ; zajavnyk HNTUSG im. P. Vasylenka, u2011 08198 ; zajavl. 30.06.2011; opubl. 10.01.2012, Bul. № 1. – 3 s.
6. Kolomiec V.V., Fabrychnikova, I.A. Vlijanie velichinu zerna instrymental'noj stali na rezhyschie svojstva svekloreznuh nozhej [Tekst]. Sahar. M.: 2013, №1. S. 49-51.
7. Adamenko A.P. Otrumannja burjakovoi stryzhku. Yzagal'nennja dosvidy [Tekst]. K.: Nacional'na asociacija cykrovukiv Ykrainu YKRCYKOR, 2002. 32 s.