

## ОПТИМАЛЬНІ ПОПЕРЕЧНІ ПЕРЕТИНИ БУРЯКОВОЇ СТРУЖКИ ДЛЯ ДОСЯГНЕННЯ МАКСИМАЛЬНОГО ЕФЕКТУ ПРОЦЕСУ ЕКСТРАКЦІЇ

Люлька О. М., к.т.н., доц.

*Національний університет харчових технологій*

Коломієць В. В., д.т.н., проф., Фабричнікова І. А., к.т.н., доц.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка*

*В роботі проаналізовані та обґрунтовані важливі результати, які вирішують актуальну науково-практичну задачу по поліпшенню показників якості бурякової стружки. Отримала подальший розвиток теорія утворення бурякової стружки введенням поняття зони ускладненої екстракції.*

**Постановка проблеми.** Як відомо, висока якість бурякової стружки є одним із основних факторів ефективної роботи промислових дифузійних екстракторів, бурякопереробного відділення та цукрового заводу в цілому.

Бо саме від параметрів стружки залежить рівномірність її переміщення транспортними системами вздовж дифузійних апаратів, зменшення застійних зон в апараті, а збільшення пористості шару стружки забезпечує краще омивання її екстрагентом. Все це підвищує концентрацію дифузійного соку, який відбирається з апаратів, та зменшує вміст сахарози в жомі.

Тому дослідження впливу різних перерізів бурякової стружки на її якість та ефективність процесу екстракції і практичні рекомендації по доцільному їх застосуванню на дифузійних установках різних типів актуальні та сприяють підвищенню рентабельності цукрового виробництва.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідження процесу утворення високоякісної бурякової стружки спрямовані на розвиток теоретичних основ її утворення і сприяють більш повному вилученню цукру з цукросировини. Останніми кроками в цьому напрямку було дослідження умов утворення випереджаючої тріщини при зрізанні коренеплоду бурякорізальними ножами [1] і наявності кавітації в цій зоні [2]; визначення геометричних характеристик бурякової стружки різного перерізу, моментів інерції та моментів опору [3]. Доведено, форма стружки в зоні різання співпадає з формою ріжучої кромки. Це дає можливість ускладнювати перетин бурякової стружки.

Момент інерції перетину ромб зі стороною –  $b$  та з кутом  $\alpha$  з боку різання:

$$I_x = b^4 \frac{\sin \frac{\alpha}{2} \cdot \cos^3 \frac{\alpha}{2}}{3}. \quad (1)$$

При  $b = 7 \cdot 10^{-3}$  м та  $\alpha = 75^\circ$  одержимо  $I_x = 0,243 \cdot 10^{-9}$  м<sup>4</sup>.

Аналогічно,  $I_y = 0,14319 \cdot 10^{-9} \text{ м}^4$ .

Моменти опору:

$$W_x = \frac{I_x}{a} = \frac{0,243 \cdot 10^{-9}}{b \cos 37^\circ 30'} = \frac{0,243 \cdot 10^{-9}}{7 \cdot 10^{-3} \cdot 0,7933} = 0,0437 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3. \quad (2)$$

$$W_y = \frac{I_y}{p} = \frac{0,143 \cdot 10^{-9}}{b \cdot \sin 37^\circ 30'} = \frac{0,0491 \cdot 10^{-9}}{7 \cdot 10^{-3} \cdot 0,9659} = 0,0211 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3, \quad (3)$$

де  $p$  – напівдіагональ по осі  $x$ ,  
 $a$  – напівдіагональ по осі  $y$ .

Перетин бурякової стружки «ребриста соломка» досягається установкою різальних ножів в рамах зі зміщенням на половину кроку ножа  $t$  та регулюванням підйому ножа в рамі. Момент інерції такого перетину:

$$I_x = 0,173 \cdot 10^{-9} \text{ м}^4.$$

Для  $\delta = 3,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$  отримаємо  $I_y = 0,166 \cdot 10^{-9} \text{ м}^4$ .

Завдяки зменшенню моменту інерції перетину стружки зменшилась її жорсткість, а отже збільшилася її податливість при згинанні, що призвело до зменшення утворення тріщин і розривів, тобто покращило якість стружки.

Науковцями під керівництвом Адаменко А.П. [4] запропонований трикутний переріз бурякової стружки – раціональний з огляду його геометричних, технологічних та якісних показників [5]. Так, відповідно до рис.1 при однаковій площі перерізів у  $24,15 \text{ мм}^2$  для ромбовидної стружки периметр складатиме  $20 \text{ мм}$  і шлях дифундування  $R = 2,42 \text{ мм}$ , а для трикутної – периметр  $22,4 \text{ мм}$  і шлях дифундування  $R = 2,16 \text{ мм}$ .

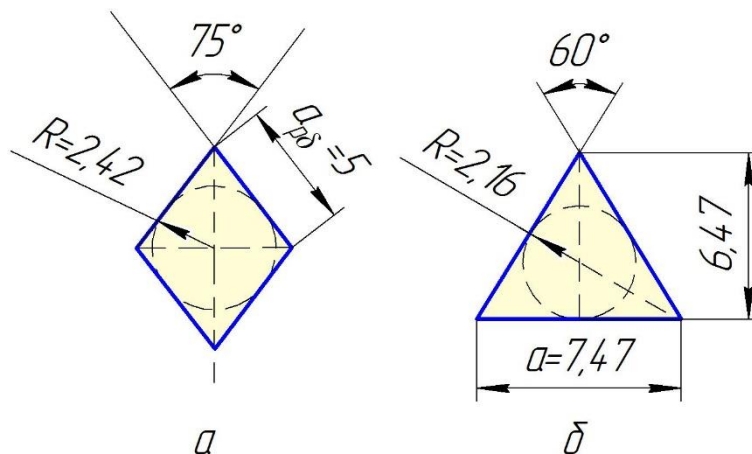


Рис. 1 – Порівняння площ перерізів стружки:  
 $a$  – переріз в формі ромбу;  $b$  – переріз в формі рівностороннього трикутника

Запропоновані нові технічні рішення по отриманню бурякової стружки трикутного поперечного перерізу [6], а саме застосування подвійних ножових рам укомплектованих двома парами ножів – безреберних кенігсфельдських та плоских.

**Метою статті** є аналіз результатів виробничих випробувань бурякової стружки різних перетинів, визначення раціонального перерізу бурякової стружки з огляду на її якісні показники та екстрагувальні властивості, обґрунтування практичних рекомендацій по доцільному їх застосуванню на дифузійних установках різних типів, що сприятимуть підвищенню рентабельності цукрового виробництва.

**Результати досліджень.** Під час проведення попередніх досліджень не визначалися показники ефективності використання бурякової стружки різних перетинів на дифузійних установках колонного типу. А результати деяких експериментальних досліджень, описаних у роботі [7] потребують аналізу і пояснень. Серед різноманіття поперечних перерізів бурякової стружки, основні з яких представлені на рис.2, найбільш поширені ромбовидний (з) і пластинчатий (в), та поступово поширюється жолобчастий профіль, але він потребує відповідної кваліфікації операторів бурякорізок.

Проведені порівняння основних геометричних характеристик найпоширеніших поперечних перерізів бурякових стружин (рис. 3) за: величиною шляху  $r$  та периметру  $P$  дифундування; величиною моментів опору згину  $W_{\min}$  профілів стружки; кількістю пер ножа  $n$ .

В ході порівнянь поперечних перерізів стружин площею  $9 \text{ мм}^2 \pm 0,3 \text{ мм}^2$  і числом Сіліна 10 м (рис. 3) виявилось, що ромбовидна стружка має найбільший шлях дифундування. Пластинчаста – найменший момент опору згину і найменший шлях дифундування. А жолобчаста – малий шлях дифундування і найбільший момент опору згину, що робить її особливо привабливою.

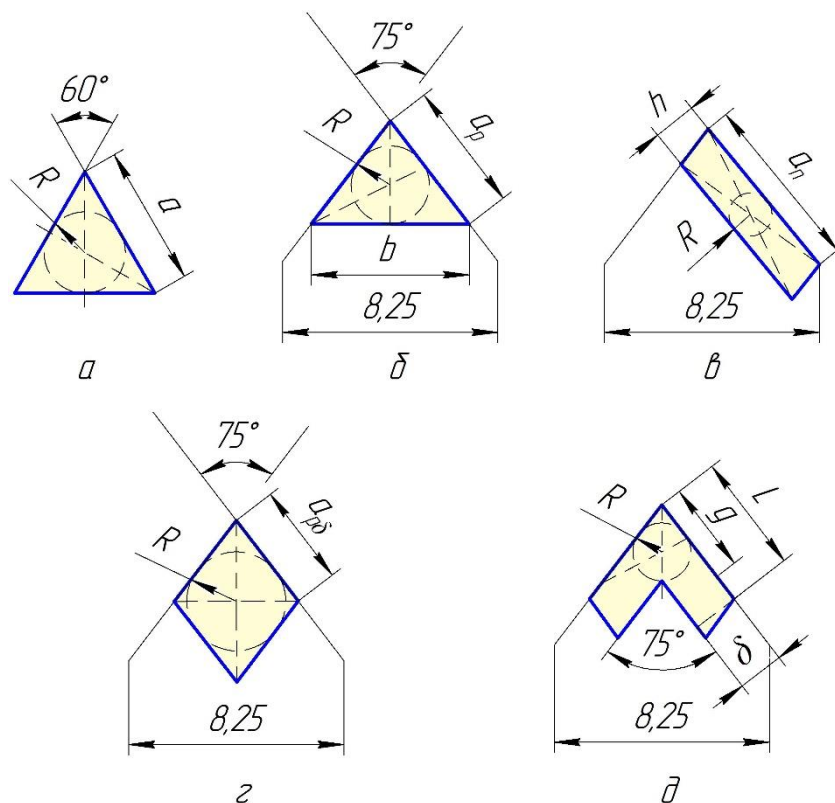


Рис. 2 – Поперечні перерізи стружки: а – переріз в формі рівностороннього трикутника; б – переріз в формі рівнобічного трикутника; в – пластинчатий профіль; з – ромбовидний профіль; д – жолобчастий профіль

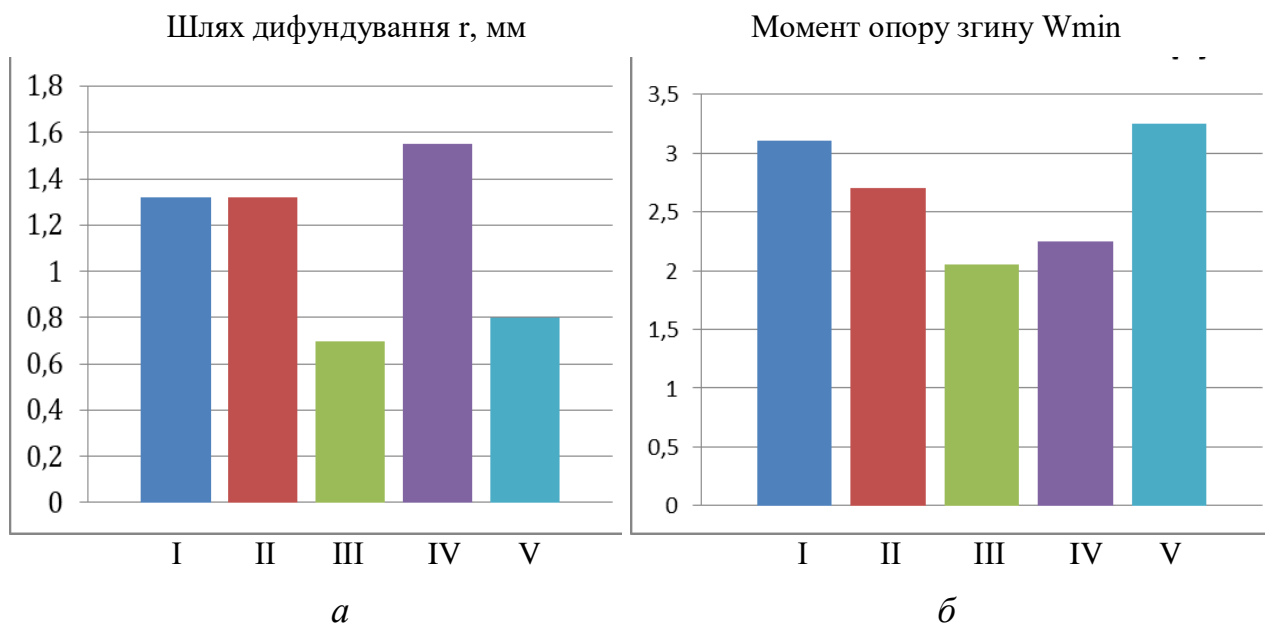


Рис. 3 – Залежність шляху дифундування  $r$  (а) та моменту опору згину  $W_{min}$  (б) поперечних перерізів стружки від їх виду: I – трикутний переріз, кут при вершині  $60^\circ$ ; II – трикутний поперечний переріз, кут при вершині  $75^\circ$ ; III – пластинчатий поперечний переріз; IV – ромбовидний поперечний переріз; V – жолобчатий поперечний переріз

При нарізанні стружки пластинчатого, 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). Головна перевага трикутного перерізу це його простота і можливість лише підйомом кенігсфельдського ножа регулювати товщину стружки і площу перетину. Спосіб отримання стружки трикутного поперечного перерізу забезпечує зростання її однорідності до  $80\% \pm 5\%$ .

Потоки 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.

Порівнюючи середньо-інтегральний час дифундування бурякової стружки трикутного та жолобчатого поперечних перерізів (рис. 4), можна зробити висновок, що трикутна стружка більш рівномірно переміщується транспортними системами вздовж дифузійних апаратів похилого типу.

Розглянемо детальніше відмінності різних профілів стружки з точки зору інтенсивності процесу екстракції (рис. 5).

Для цього від границь профілів відкладемо еквідистанти і отримаємо три зони. Зона швидкої екстракції  $I$  глибиною  $m_e$  – поверхня стружки вкрита розрізаними клітинами з яких буряковий сік вже частково витік, між кліткові

перетинки вже трохи підв'яли, та на шляху екстрагента мало припон і екстракція проходить найбільш інтенсивно. Зона нормальної, або уповільненої екстракції 2 – де процес екстракції проходить самостійно, але трохи повільніше. Зона ускладненої екстракції 3 – потребує додаткового віджиму.

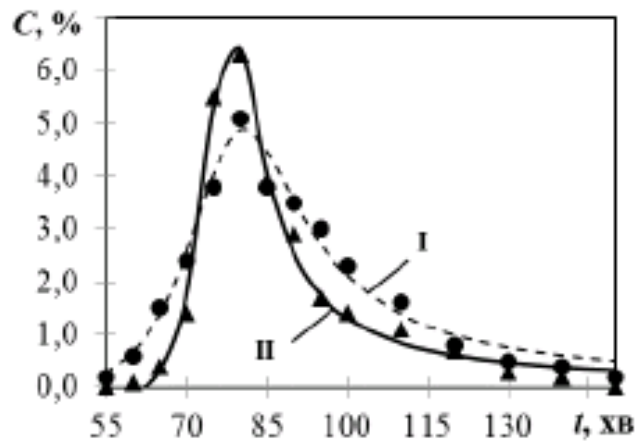


Рис. 4 – Криві відгуку роботи промислових дифузійних екстракторів нахиленого типу на буряковій стружці жолобчастого та трикутного профілів: I – жолобчастий профіль стружки; II – трикутний профіль стружки

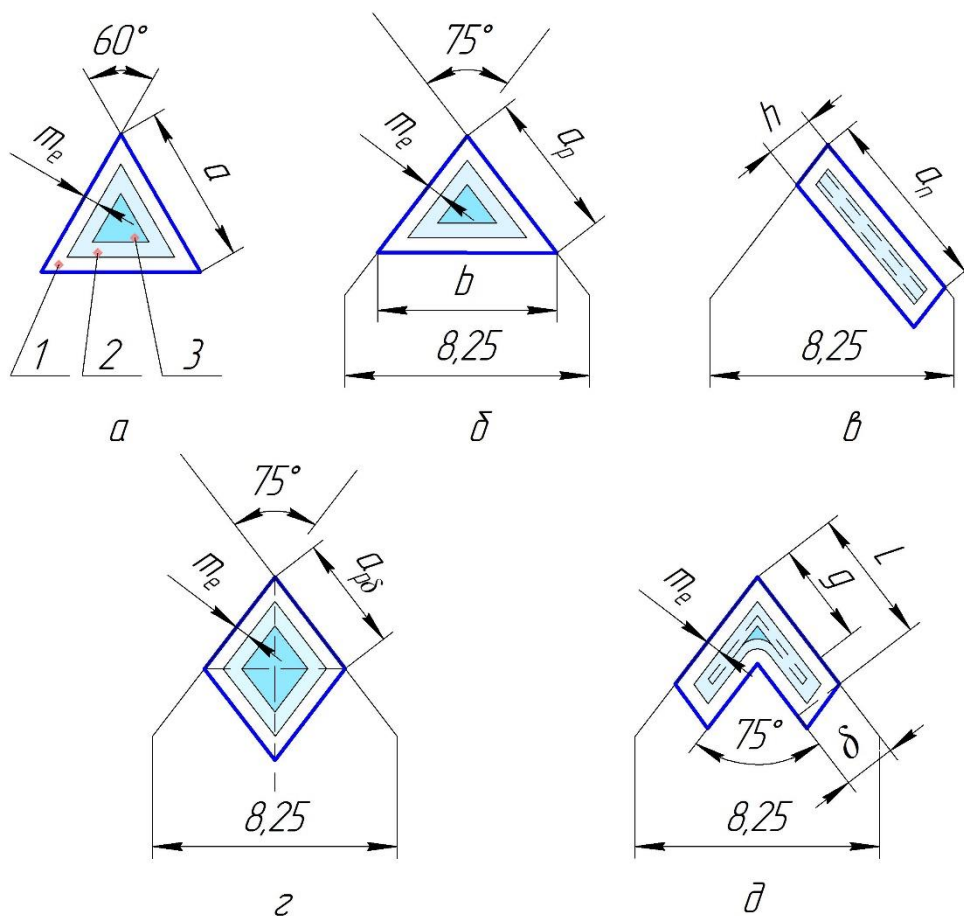


Рис. 5 – Зони екстракції для різних перерізів стружки: 1 – зона швидкої екстракції; 2 – зона нормальної екстракції; 3 – зона ускладненої екстракції; а – переріз в формі рівностороннього трикутника; б – переріз в формі рівнобічного трикутника; в – пластинчатий профіль; г – ромбовидний профіль; д – жолобчатий профіль

І тут вирішальну роль у виборі профілю стружки будуть мати два фактора: по-перше, тип промислової дифузійної установки; по-друге, наявність на заводі пресу глибокого віджиму обезцукреної стружки.

Так для дифузійної установки колонного типу краще виконувати стружку більш «товсту» меншої довжини – ромбовидну та рівносторонній трикутник при наявності пресу глибокого віджиму обезцукреної стружки, а без пресу підійде саме жолобчатий профіль. Але не доцільно намагатися досягти такого перетину при переробці буряку з надвисоким тургором.

Для дифузійної установки похилого (коритного) типу краще виконувати стружку більш «тонку» більшої довжини – рівнобічній трикутник при наявності пресу та пластинчасту без додаткового віджиму.

Аналіз результатів виробничих випробувань бурякової стружки різних перетинів дозволяє сформулювати наступні узагальнення та висновки які вирішують актуальну науково-практичну задачу по підвищенню ефективності процесу екстракції на дифузійних установках різних типів, що сприятиме підвищенню рентабельності бурякоцукрового виробництва.

## **Висновки**

1. Під час проведення експериментальних досліджень виробничих умовах бурякової стружки встановлено, що бурякова стружка трикутного та жолобчатого перерізів має переваги технологічного та якісного характеру в порівнянні із стружкою інших перерізів.

2. Експериментально доведено, що бурякова стружка трикутного поперечного перерізу більш рівномірно переміщується по довжині дифузійних апаратів нахилоного типу і вміст сахарози в жомі зменшується на 0,05%.

3. Бурякову стружку жолобчастого перерізу з огляду на її якісні показники та екстрагувальні властивості доцільно застосовувати для дифузійної установки колонного типу, особливо при відсутності пресу глибокого віджиму.

## **Список використаних джерел**

1. Фабричнікова, І.А. Уточнені умови утворення стружки при зрізанні коренеплоду цукрового буряка бурякорізальними ножами [Текст] / І.А. Фабричнікова, В.М. Євдокимов. – Харків: Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка «Механізація сільськогосподарського виробництва», 2011. вип. 107. Том 2. – С. 194 – 201.
2. Фабричнікова, І.А. Умовия образования стружки при срезании корнеплода сахарной свеклы свеклорезными ножами. [Текст] / И.А. Фабричнікова, В.В. Коломиец. – Харків: Вісник НТУ «ХПІ» Тематичний випуск: «Нові рішення в сучасних технологіях», 2010. вип. 46. – С. 267 – 272.
3. Коломієць В.В., Визначення геометричних характеристик бурякової стружки різного перерізу. [Текст] / В.В. Коломієць, І.А. Фабричнікова, М.С. Бражник. – Харків: Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка «Механізація сільськогосподарського виробництва», 2012. вип. 124. Том 2. – С. 234 – 239.

4. Патент 86656 UA, МПК В02С 18/00 (2013.01) А23N 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.
5. 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.
6. 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.
7. 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.

#### **Аннотация**

### **ОПТИМАЛЬНЫЕ ПОПЕРЕЧНЫЕ СЕЧЕНИЯ СВЕКЛОВИЧНОЙ СТРУЖКИ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОГО ЭФФЕКТА ПРОЦЕССА ЭКСТРАКЦИИ**

Люлька А. Н., Коломиец В. В., Фабричникова И. А.

*В работе проанализированы и обоснованы важные результаты, которые решают актуальную научно-практическую задачу по улучшению показателей качества свекловичной стружки. Получила дальнейшее развитие теория образования свекловичной стружки введением понятия зоны затрудненной экстракции.*

#### **Abstract**

### **OPTIMAL CROSS SECTIONS OF BEET SHAVINGS TO MAXIMUM EFFECT OF THE EXTRACTION PROCESS**

O. Liulka, V. Kolomiets, I. Fabrichnikova

*The paper analyzes and substantiates important results that solve the actual scientific and practical problem of improving the quality of beet shavings. The theory of the formation of beet shavings has been further developed by introducing the concept of a hindered extraction zone.*