

ВПЛИВ ТУРГОРУ КОРЕНЕПЛОДІВ ЦУКРОВОГО БУРЯКА НА ЯКІСТЬ БУРЯКОВОЇ СТРУЖКИ

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

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Квятковський А.Й. гол. інж.

Харківське об'єднання «Укрцукор»

Досліджується вплив тургору коренеплоду на процес утворення бурякової стружки при виробництві цукру. А також залежність тургору та технологічних властивостей коренеплодів цукрового буряку від умов їх зберігання. На підставі узагальнення багаторічного виробничого досвіду приведені практичні рекомендації по вдосконаленню процесу зберігання коренеплодів буряку на кагатному полі цукрового заводу.

Постановка проблеми. Як відомо, технологічний процес виробництва бурякового цукру розпочинається з очищення і подрібнення коренеплодів цукрового буряку. Кондиційними вважаються коренеплоди, що відповідають вимогам стандарту на цукрові буряки для промислової переробки. На приймальні пункти буряки доставляють самоскидами. Приймальник оцінює кондиційність одержаної продукції, відмічаючи наявність зелених, цвітушних, в'ялих, підморожених, механічно пошкоджених коренеплодів.

Технологічні властивості коренеплодів цукрового буряку мають ключове значення для досягнення ефективності процесу переробки. Одним з важливих показників фізико-механічних властивостей коренеплодів цукрових буряків є тургор кореня. Зберегти зібраний врожай без втрат маси, тургору, цукристості – важливіше завдання виробників.

Дослідження процесу утворення високоякісної бурякової стружки, розвиток теоретичних основ її утворення сприяють більш повному вилученню цукру з цукросировини і, як наслідок, підвищенню рентабельності цукрового виробництва. Тому дослідження впливу тургору на параметри випереджуючої тріщини та якість бурякової стружки і практичні рекомендації по збереженню тургору коренеплодів завжди важливі та актуальні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій показав, що неоднорідна структура і тургор коренеплоду цукрового буряку впливає не тільки на сили та напруги, що виникають на передній поверхні бурякорізального ножа та на його вістрі в процесі утворення бурякової стружки [1]., але і на миттєві і усереднені сили зрізання стружки [2].

При визначенні значення сил зсуву, сил діючих у напрямі зрізання стружки і сил тертя стружки на передній поверхні окремої секції безреберного бурякорізального ножа ми користуємось схемою на рис. 1 і враховуємо тургор

коренеплоду ввівши у залежність коефіцієнт неоднорідності K_H .

Відповідно до цієї схеми: γ – передній кут $\approx 60^\circ$; α – задній кут $= 0^\circ$; β – кут загострення $\approx 30^\circ$; β_1 – кут зсуву; $\omega \approx \varphi$ – кут тертя $\approx 30^\circ$; a – довжина леза ≈ 7 мм.

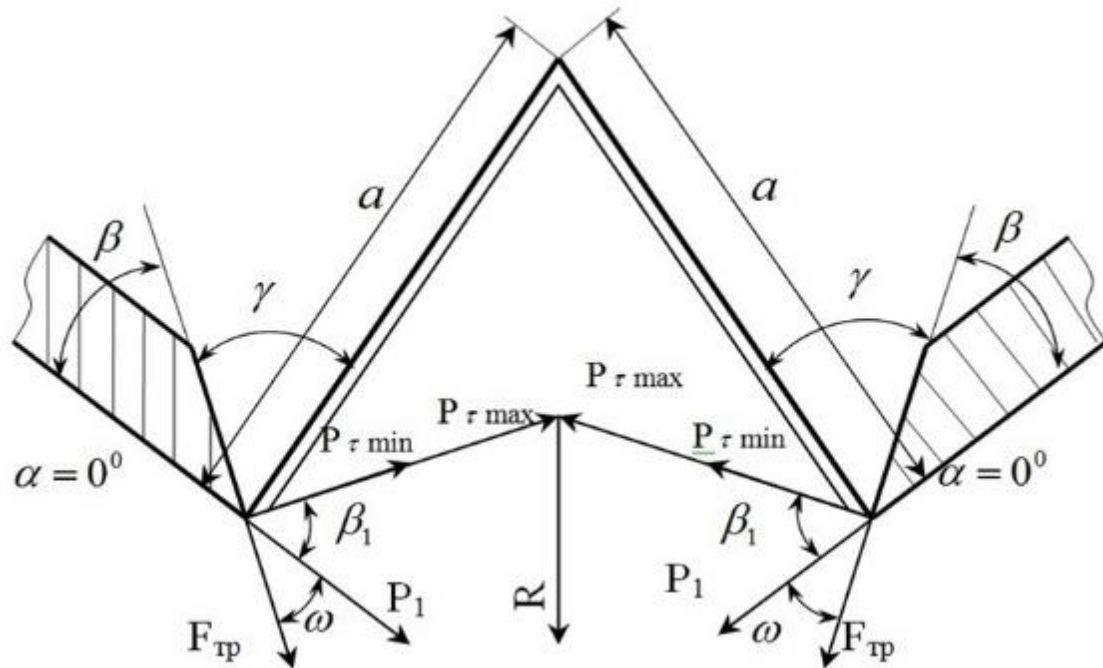


Рис. 1 – Сили, що діють на клітини цукрового буряка при зрізанні бурякової стружки

Сила зсуву бурякової стружки в одній ромбічній секції ножа може бути виражена:

$$P_{\tau} = \frac{K_H \cdot \tau_{зр} \cdot a^2}{\sin \beta_1}, \quad (1)$$

де K_H – коефіцієнт неоднорідності;
 $\tau_{зр}$ – дотичне напруження зрізу, Па;
 a – довжина одного леза секції ножа, м;
 β_1 – кут зсуву ромбічної стружки при кроці секцій 8,25 мм.

Через неоднорідну будову буряка і його різного хаотичного положення у момент зрізання стружки всі складові в цій залежності будуть змінними по величині. Тому і значення сили зсуву при утворенні стружки не постійне по величині і напрямку. Доказано, що неоднорідна будова буряка приводить до значного коливання сил різання, яке збільшує знос ножів і зменшує їх зносостійкість.

При утворенні бурякової стружки остання деформується і в процесі різання набуває криволінійної форми. В середині пластинки є нейтральна зона, на якій розтягування взагалі відсутнє, а по двох сторонах її деформація має протилежний знак [3]. Ця нейтральна зона розміщена по середині товщини пластинки. Виробничий досвід цукровиків підтверджує, що на вигнутій стороні

іноді утворюються тріщини, які в деяких випадках приводять до розриву пластинки стружки.

Позначимо вертикальне зміщення точок нейтральної поверхні, тобто їх z – координату, літерою ζ (рис. 2).

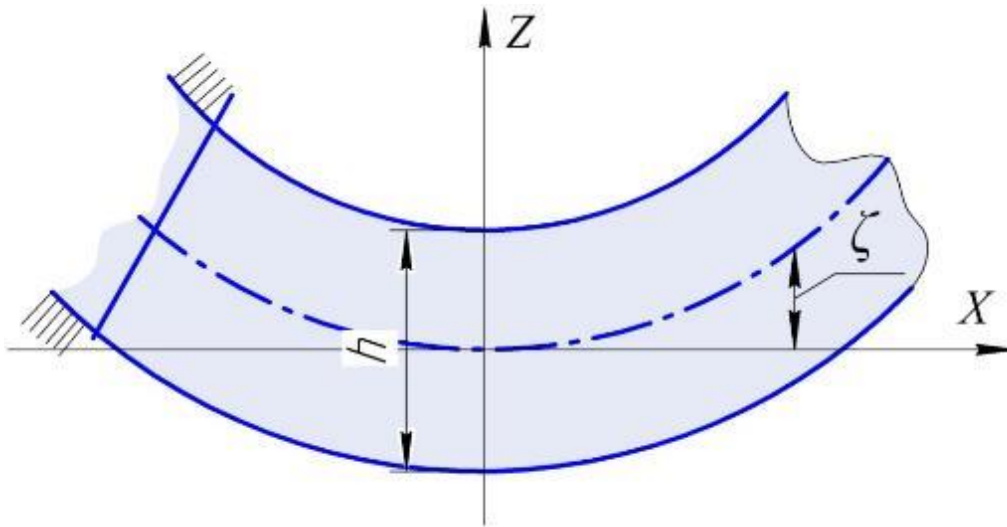


Рис. 2 – Координати нейтральної зони

Дослідження процесу утворення бурякової стружки ножами з косим торцюванням дало можливість отримати рівняння рівноваги пластинки стружки, яка згинається зовнішніми силами (2), встановити розрахункові залежності для визначення зовнішньої сили F (3) та моменту M пластини (4).

$$\frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)} \Delta^2 \zeta - F = 0, \quad (2)$$

де $\frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)}$ – жорсткість пластини при вигині;

$\Delta \zeta$ – оператор Лапласа;

h – товщина пластинки;

F – зовнішня сила.

Остаточно матимемо для сили і моменту пластини:

$$F = -\frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)} \left[\frac{\partial^3 \zeta}{\partial x^3} + \frac{\partial \theta}{\partial \ell} \cdot \frac{\partial^2 \zeta}{\partial x^2} \right], \quad (3)$$

$$M = \frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)} \cdot \frac{\partial^2 \zeta}{\partial x^2}, \quad (4)$$

де θ – кут між нормаллю \vec{n} до нейтральної поверхні та віссю X ;

$\vec{\ell}$ – дотична до цієї поверхні.

Саме на жорсткість пластини при вигині впливає тургор коренеплоду. Дослідження умов утворення випереджаючої тріщини при зрізанні коренеплоду цукрового буряка бурякорізальними ножами [4] довело, що це є основою, квінтесенцією процесу утворення стружки, визначає її якість і потребує пильної уваги.

Відрив стружки товщиною h відбувається прикладеними до неї силами, що діють проти сил поверхневого натягу на поверхні відриву по випереджаючій тріщині і співвідношення для обчислення довжини тріщини L

$$L = \frac{F \cdot y^2 \cdot (1 - \mu^2)}{\pi \cdot \alpha \cdot E}, \quad (5)$$

де F_y – сила, яка згинає стружку (твірна тріщини в нашому випадку), H .

Після підстановки в (5) чисельних значень отримали $L = 3 \cdot 10^{-3}$ м. Але викладені міркування відносяться до відриву шару стружки на молекулярному рівні, тобто в процесі відриву стружки від основного тіла долаються сили молекулярного зчеплення. Проте в зоні різання діють макроскопічні силові параметри: відцентрові сили, сили різання, сили реакцій і тому подібне.

Подальші дослідження процесу утворення бурякової стружки дозволяють обґрунтувати наявність кавітації в зоні випереджаючої тріщини [5]. І тут вже необхідно враховувати вплив тургору коренеплоду.

Метою статті є розширити наші пізнання про тургор коренеплодів цукрових буряків, дослідити його вплив на процес утворення високоякісної бурякової стружки при подрібненні коренеплодів і дати практичні рекомендації по підтриманню високого рівня тургору при зберіганні коренеплодів на кагатному полі цукрозаводу.

Виклад основного матеріалу.

Тургор коренеплоду – здатність розрізатися в стружку – це комплексний показник, що включає пружність, щільність, кількість клітинного соку.

До кондиційних належать буряки у стані тургору. Його перевіряють відламуванням кінцевої частини коренеплоду 1 см завтовшки. Кондиційність за тургором визначають також лабораторно: з коренеплодів вирізують пластинки 0,5 см завтовшки загальною площею 30–50 см², зважують і занурюють у воду. Через 1–2 години пластинки виймають, воду з поверхні вимочують ганчіркою. Після зважування пластинок визначають вміст увібраної води. Якщо він перевищує 5%, то коренеплід вважається в'ялим.

Підв'ялені корені втрачають стійкість до захворювання кагатної гниллю у процесі зберігання. У них посилюється гідролітична активність ферментів дихання, що призводить до значних втрат цукру. Сильно уражуються грибковими і бактеріальними хворобами також коріння з механічними uszkodженнями і підморожені. Останні придатні тільки для короткочасного зберігання. Погано розрізаються в стружку не тільки підв'ялені, але і дерев'янисті (цвітушні) коренеплоди. Ступінь дерев'янистості визначається особливостями структури тканин бурякового кореня, вмістом у клітинах лігніну і целюлози.

Період зберігання коренеплодів на кагатному полі цукрозаводу умовно можна розбити на чотири етапи (рис.3).

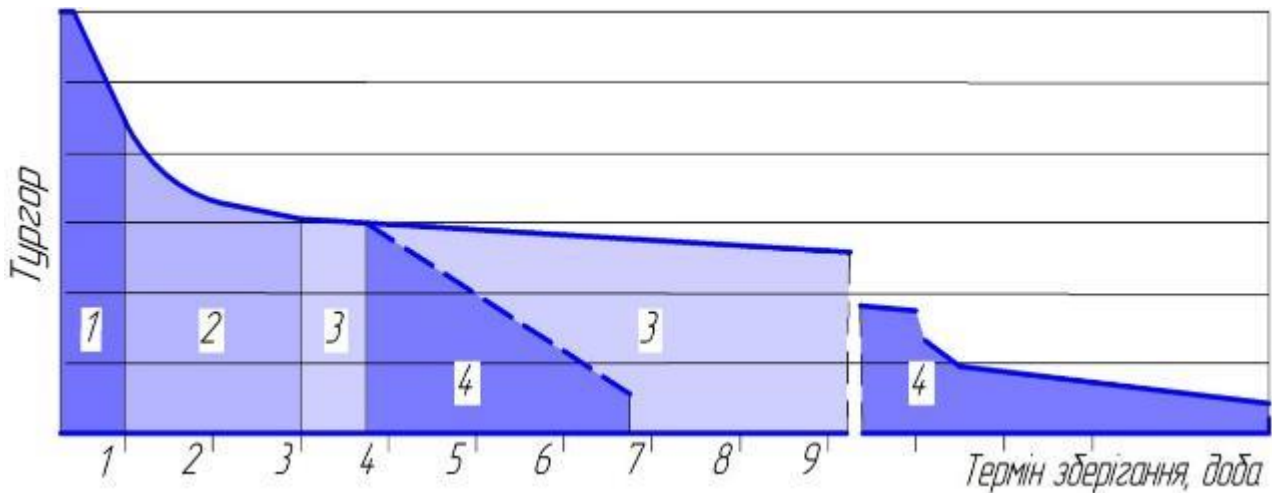


Рис. 3 – Умовна схема втрати тургору коренеплодів цукрового буряка при зберіганні на кагатному полі

Перший етап – триває 1...1,5 доби з моменту викопання коренеплоду з ґрунту і характеризується максимальним тургором, який швидко падає через втрату вологи (особливо у недозрілих коренів) та підсихання ґрунту на поверхні. В цей період корені дуже вразливі до ударів – їх буквально розриває напіл від внутрішніх напруг – максимальними будуть випереджаюча тріщина і прояви кавітації.

На рис. 4 показана зона різання [5]. Чорним кольором закрашений буряковий сік.

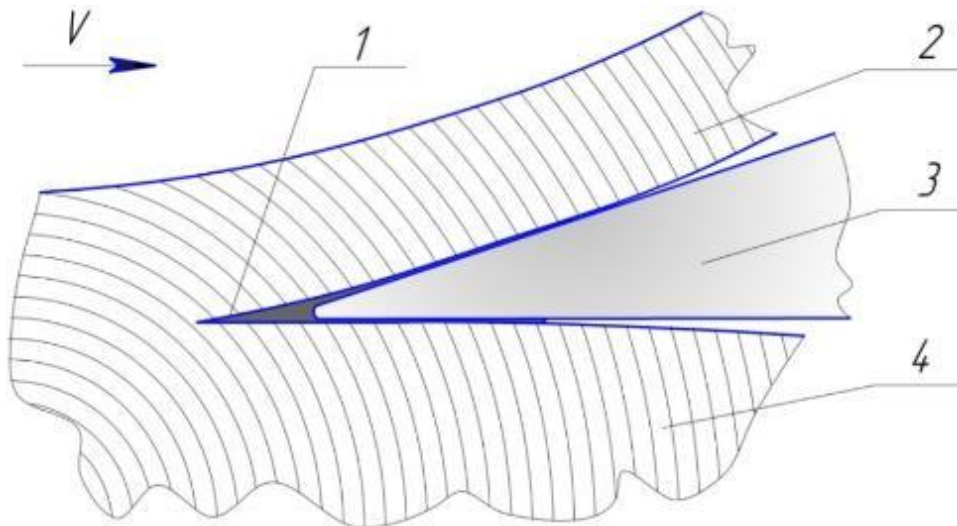


Рис. 4 – Зона різання: 1 – випереджаюча тріщина; 2 – бурякова стружка; 3 – ніж; 4 – буряк

При русі коренеплоду буряка 4 в зоні випереджаючої тріщини 1 створюється розрідження – зменшення тиску – за рахунок розширення тріщини. В зоні випереджаючої тріщини буряковий сік закипає, тобто утворюються каверни. Це розширення залежить від кута загострення ножа 3. Отже, зменшення кута загострення ножа приводить до меншого розрідження.

При різанні в зоні одного леза утворюється канал, обмежений з двох сторін ребрами (вершинами пера). Буряковий сік рухається в щілині, що утворюється, як в трубці прямокутного перетину.

При цьому внаслідок різних тисків на кромці (тиск на задній поверхні значно більший, ніж на передній поверхні) сік перетікає з задньої поверхні на передню, тобто виникає обтікання кромки (рис. 5) через випереджаючу тріщину.

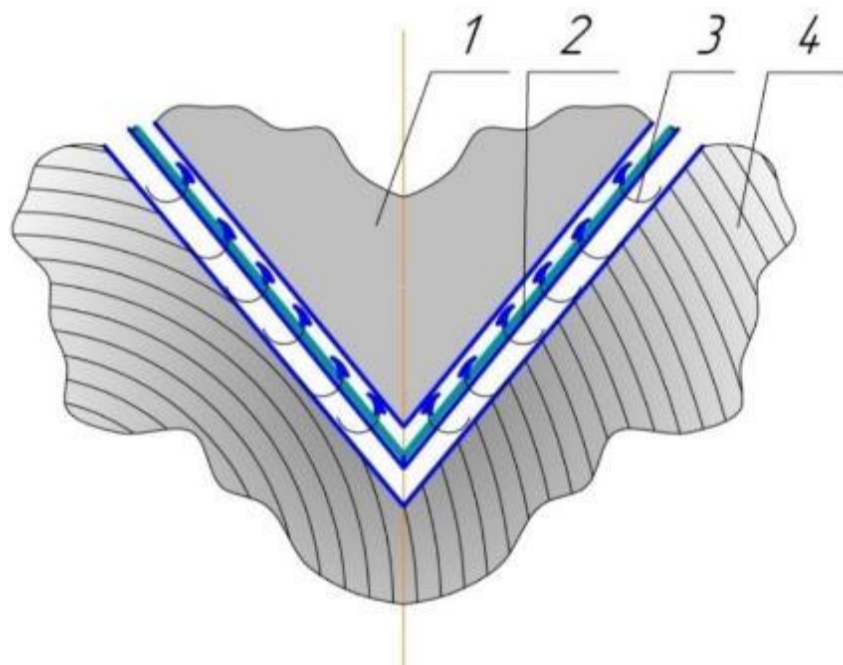


Рис. 5 – Схема перетікання клітинного соку через різальну кромку ножа: 1- стружка; 2- ніж; 3-напрямок перетікання клітинного соку; 4- буряк

Зазвичай на першому етапі корені перевозять з поля на кагатні площадки, зважують, сортують, підсушують і закладають на зберігання.

Визначення геометричних характеристик бурякової стружки різного перерізу [6] продовжили теоретичні дослідження процесу утворення стружки та впливу її якості на ефективність виробництва. Розробка перспективного перетину бурякової стружки «ребриста соломка» зменшила її жорсткість і шорсткість, збільшила податливість при згинанні, що призвело до покращення якості стружки та до зменшення втрат на різання і тертя. Але не доцільно намагатися досягти такого перетину при переробці буряку з надвисоким тургором.

Для переробки найбільш сприятливий другий етап тривалістю 2...3 доби, коли тургор стабілізується, а вміст цукру в буряковому соку максимальний.

Найбільш тривалим може бути третій етап – від декількох діб до п'яти місяців при правильному зберіганні стиглих розсортованих коренеплодів з укриванням бортів від морозів. Але при стабільному тургорі вміст цукру буде поступово знижуватись, тому таке тривале зберігання не рентабельне.

Четвертий етап настає тоді, коли з травмованих коренів витікає сік і стає осередком розвитку хвороботворних гнилісних бактерій, що призводить до псування бурякової маси.

Одна з головних вимог до зберігання коренеплодів цукрового буряку –

максимально зберегти їх тургор, без чого неможливо отримати якісну бурякову стружку і якісно вести технологічний процес переробки. Для досягнення цієї мети типовим технологічним режимом передбачені всі необхідні вимоги та нормативи, в тому числі:

- вимоги до розміщення кагатів на кагатному полі заводу;
- вимоги до геометричних розмірів кагатів залежно від якості буряків;
- інструкції по контролю температури, вологості і стану зберігання коренеплодів, тощо.

Багаторічний виробничий досвід і аналіз результатів зберігання буряку на цукро заводах [7] доводить, виробнича практика недооцінює цілий ряд факторів, які суттєво впливають на якість зберігання коренеплодів і призводять до їх псування і, як наслідок, до великих збитків.

Основні:

- Останніми роками цукровий буряк засівається гібридним насінням декількох сортів, в наслідок чого вирощені коренеплоди суттєво відрізняються як по строкам визрівання, так і по технологічним параметрам.

І тут необхідно забезпечувати:

- суворе дотримання графіка збирання врожаю залежно від строків визрівання коренеплодів. На практиці це систематично порушується;

– перевезення і закладання буряків на зберігання – окремо, залежно від їх технологічної сортності та здатності до термінового або тривалого зберігання. Практично цієї вимоги не дотримуються, В загальних кагатах буряки змішуються, що при зберіганні – особливо тривалому – призводить до місцевих перегрівів та загниванню коренеплодів. Потім з цим проводиться малоефективна боротьба і, як наслідок, маємо втрати тургору, цукристості та ін.;

- на довготривале зберігання закладати тільки коренеплоди, що зібрані в оптимальні строки (жовтень місяць).

• Бурякоприймальні пункти цукро заводів достатньо оснащені технікою для приймання коренеплодів та закладання їх на зберігання. Та разом з тим часто не дотримуються простих, але дуже ефективних вимог до укладки та формування кагатів:

- закладний конвеєр бурякоукладчика необхідно встановлювати на можливо меншій висоті і підіймати його повільно по мірі нарощування кагату – це виключить зайве травмування коренеплодів;

– переміщення і робота бурякоукладчика повинні забезпечувати суворе дотримання геометричних параметрів кагату – прямі лінії по боковим схилам і по висоті, щоб забезпечити мінімальну поверхню контакту буряку із зовнішнім повітрям (нагрів від сонця, накопичення осадків та ін.) і не допустити утворення осередків псування коренеплодів. Дотримання цих вимог залежить лише від кваліфікації операторів бурякоукладальних машин, яких необхідно відповідно навчати, що практично не робимо.

• Оптимальний варіант для зберігання цукрового буряку, що забезпечить високий тургор і інші технологічні властивості – скоротити термін зберігання сировини до мінімуму, а запас буряку термінової переробки (під порченого, підв'яленого, тощо) встановити не більше ніж на три доби роботи заводу.

Досвід передових зарубіжних країн (Німеччина, Голландія, Франція і др.) – цукровий буряк на території заводу взагалі не закладається на зберігання. Завод працює з підвозу, автотранспорт працює чітко за графіком, запас коренеплодів на при заводському майданчику максимум на дві доби. Тут і відсутність втрат, і високий тургор, і високоякісна бурякова стружка, і високий вихід цукру.

Висновок. Таким чином, проведене дослідження підтверджує вплив тургору на параметри випереджуючої тріщини та якість бурякової стружки, що є черговим кроком в розвитку теоретичних основ утворення високоякісної бурякової стружки, а практичні рекомендації по збереженню тургору коренеплодів сприяють підвищенню рентабельності бурякоцукрового виробництва.

Список використаних джерел

1. Коломієць, В.В. Визначення сил і напруг при зрізанні коренеплоду цукрового буряка в стружку [Текст] / В.В. Коломієць, І.А. Фабричнікова. – Харків: Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка «Механізація сільськогосподарського виробництва», 2010. вип. 103. – С. 239 – 243.
2. Фабричнікова, І.А. Зависимость усилий и напряжений процесса срезания стружки от неоднородного строения корнеплода сахарной свеклы. [Текст] / И.А. Фабричникова, В.В. Коломиец. – Харків: Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка «Технічний сервіс в АПК, техніка та технології у сільськогосподарському машинобудуванні», 2006. вип. 42. – С. 16 – 19.
3. Фабричнікова, І.А. До визначення параметрів процесів, що виникають в зоні зрізання коренеплодів цукрового буряка в стружку [Текст] / І.А. Фабричнікова. – Харків: Наук. журнал «Інженерія природо-користування», вип. №2 (2), 2014. – С. 96 – 99.
4. 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.
5. Фабричнікова, І.А. Умовия образования стружки при срезании корнеплода сахарной свеклы свеклорезными ножами. [Текст] / И.А. Фабричникова, В.В. Коломиец. – Харків: Вісник НТУ «ХП» Тематичний випуск: «Нові рішення в сучасних технологіях», 2010. вип. 46. - С. 267-272.
6. Фабричнікова, І.А. Визначення геометричних характеристик бурякової стружки різного перерізу. [Текст] / І.А. Фабричнікова, В.В. Коломієць, М.С. Бражник. – Харків: Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка «Механізація сільськогосподарського виробництва», 2012. вип. 124. Том 2. - С. 234 – 239.
7. Фабричнікова, І.А. Деякі проблеми відродження бурякоцукрової галузі в Україні. [Текст] / І.А. Фабричнікова. – Харків: Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка «Механізація с/г виробництва», 2010. вип. 93. Том 2. - С. 227-232.

Аннотация

ВЛИЯНИЕ ТУРГОРА КОРНЕПЛОДА САХАРНОЙ СВЕКЛЫ НА КАЧЕСТВО СВЕКЛОВИЧНОЙ СТРУЖКИ

Фабричникова И.А., Коломиец В.В., Квятковский А.И.

Исследуется влияние тургора корнеплода на процесс образования свекловичной стружки при производстве сахара. А также зависимость тургора и технологических свойств корнеплодов сахарной свеклы от условий их хранения. На основании обобщения многолетнего производственного опыта приведены практические рекомендации по совершенствованию процесса хранения корнеплодов свеклы на кагатном поле сахарного завода.

Abstract

THE INFLUENCE OF SUGAR BEET ROOTSTOCK ON THE QUALITY OF SUGAR BEET SHAVINGS

I. Fabrichnikova, V. Kolomiets, A. Kvyatkovsky

The influence of root turgor on the process of the formation of sugar beet pulp in sugar production is investigated. The dependence of turgor and technological properties of sugar beet roots on the conditions of their storage. Based on the generalization of many years of production experience, practical recommendations for improving the storage of beet root crops on the sugar field of the sugar plant are given.