

IMPROVEMENT OF SCHEMES AND EQUIPMENT FOR CLEANING, WASHING AND TRANSPORTATION OF SUGAR BEET TO PROCESSING

M. Khomenko

Institute of Post-Diploma Training of National University of Food Technologies

V. Kukhar

JSC Firm TMA

Key words:

*Schemes
Sugar beet
Transportation
Cleaning
Kinetic energy
Potential energy*

Article history:

Received 16.05.2019
Received in revised form
03.06.2019
Accepted 21.06.2019

Corresponding author:

M. Khomenko
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

Last years approaches have been changed toward selection, technology of cultivation, harvesting, storing and processing of sugar beet in beet-sugar complex of Ukraine. It gave the following results: increase of crop capacity, sugar content and sugar yield per 1 ha of a field. It is well known that raw material constitutes nearly 60% of the cost price of sugar. That is why qualitative raw material is necessary for production of high quality sugar. One of the main requirements in the beet-sugar production is complete cleaning of beet from tare materials and associated impurities. It assures obtaining of high quality raw juice. Nowadays this is a big problem for the sugar industry of Ukraine.

Last years climate-weather conditions changes (the second half of a year without frosts practically) give possibilities to prolong time of beet harvesting and to process sugar beet without long-term storage. Such approach gives possibility to modify general scheme, installations and equipment of sugar beet yards and beet preparation stations of sugar factories.

Three variants of beet handling schemes are discussed. Their advantages and disadvantages are presented. Main problem questions of sugar beet cleaning are revealed. It is recommended to use kinetic energy of high pressure water jets and potential energy of compressed air in order to intensify sugar beet washing.

On the basis of research and development work fulfilled last years quantitative parameters were determined theoretically and experimentally: water operating pressure P , water flow rate V , velocity of water at nozzle slot exit v , power of water flow W . These parameters define impact of flat water jet in terms of bound soil removal from grooves of beet roots.

The main parts of scheme were determined where the most breakage of sugar beet roots takes place. Solutions were proposed to decrease this phenomenon.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-3-15

УДОСКОНАЛЕННЯ СХЕМ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ, ВІДМИВАННЯ І ТРАНСПОРТУВАННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ НА ПЕРЕРОБЛЕННЯ

М. Д. Хоменко

Інститут післядипломної освіти Національного університету харчових технологій

В. М. Кухар

ТОВ фірма «ТМА»

За останні роки бурякоцукровий комплекс України змінює підходи у питаннях проведення селекційної роботи, технології вирощування, збирання, збереження і переробки цукрових буряків, що дало свої результати: збільшилася урожайність, цукристість і вихід цукру з 1 га бурякового поля. В собівартості готової продукції сировина складає близько 60% від загальної, тому для виробництва якісного цукру необхідна якісна сировина. Основною вимогою бурякоцукрового виробництва є повне очищення буряків від сторонніх домішок і зв'язаних забруднень. Нині це є великою проблемою для цукрової галузі України.

Зміна в останні роки погодно-кліматичних умов в Україні (друге півріччя року майже без морозів) дає змогу подовжити термін збирання цукрових буряків, переробляти їх «з коліс» без закладання сировини на довготривале збереження. Такий підхід надає можливість змінювати загальну схему, споруди і обладнання при заводських бурякопунктів і бурякопідготовчих відділень цукрових заводів.

У статті розглянуто три варіанти схем роботи з буряками, схеми і обладнання бурякопідготовчих відділень цукрових заводів, описано їхні переваги і недоліки, виявлено основні проблемні питання. Рекомендовано, з метою інтенсифікації процесу відмивання буряків, використовувати кінетичну енергію струменів води високого тиску і потенційну енергію стисненого повітря.

На основі проведених в останні роки науково-дослідних робіт теоретично й експериментально визначено кількісні величини параметрів: робочий тиск води P , витрати води V , швидкість виходу води із щілини сопла v , потужність потоку води W , якими визначається ефективність дії плоскої струмни води на видалення зв'язаної землі (грунту) із борозенок і заглиблень коренів буряків. Визначено основні ділянки схем, де відбувається найбільше масове подрібнення коренів буряків, запропоновано рішення щодо їх зменшення.

***Ключові слова:** схеми, цукрові буряки, транспортування, очищення, кінетична, потенційна енергія.*

Постановка проблеми. Мета і завдання бурякоцукрового виробництва полягає в тому, щоб вилучити максимальну кількість цукру із цукросирови-

ни, виробити цукор високої якості і низької собівартості, тобто конкурентоспроможний на світовому ринку. Завдяки теорії вилучення цукру, запропонованій П. М. Силіним, у світі розроблені різні типи дифузійних апаратів, основним параметром забезпечення ефективної роботи яких є якість стружки, отриманої з цукрових буряків [1; 2].

Високоякісну бурякову стружку можливо одержати при дотриманні таких вимог: достатньо повне відділення від коренів буряків сторонніх домішок і забруднень; зменшення ступеня пошкодження і подрібнення коренів буряків. Натепер для цукрових заводів України вирішення цих проблем є актуальним, тому проводиться пошук процесів інтенсифікації відділення зв'язаних ґрунтів від коренів буряків. Пропонується використовувати кінетичну енергію води високого тиску та потенційну енергію стисненого повітря.

Мета дослідження: удосконалення схем при заводських бурякопунктів і бурякопідготовчих відділень цукрового заводу та знаходження методів і способів інтенсифікації процесів очищення коренеплодів цукрових буряків.

Викладення основних результатів дослідження. Механізація робіт при вирощуванні, збиранні та способах доставки буряків на цукровий завод призводить до підвищення забрудненості маси сировини рослинністю і ґрунтами та до значного травмування і пошкодження коренеплодів буряків при неодноразових навантаженнях на транспортні засоби та їх розвантаженні. Забрудненість мікроорганізмами через пошкоджені поверхні коренеплодів, а також в'ялення і підморожування коренеплодів при зміні природних кліматичних умов ускладнюють збереження, транспортування на перероблення, призводять до збільшення втрат бурякомаси і цукру. Переробка такої сировини потребує впровадження й експлуатації більш удосконалених схем і обладнання тракту подачі та мийного відділення цукрових заводів.

Пом'якшення клімату в останні роки дає змогу змінювати загальну схему, споруди і обладнання при заводських бурякопунктів. Так, на всіх цукрових заводах України протягом більше двох століть використовується схема, яка передбачає закладання великої кількості сировини на довготривале зберігання. Основні об'єкти:

- багатоємні кагатні поля з кагатами цукрових буряків для довготермінового зберігання, обладнані розгалуженою системою лотків гідротранспортерів і трубопроводів подачі транспортерної води;

- сплавні площадки і механізовані склади;

- залізничні бурячні;

- автомобільні бурячні;

- цехи механізації, оснащені необхідними засобами для виконання розвантажувальних та інших робіт з буряками;

- сировинна лабораторія для постійного визначення якості цукрових буряків при прийманні і передачі на перероблення за всіма передбаченими параметрами тощо [1; 2].

Основні ділянки, де відбувається найбільш масове пошкодження коренеплодів буряків:

- пересипка маси буряків на всьому тракті транспортування сировини;

- при навантаженні і розвантаженні транспортних засобів, наповненні та звільненні ємностей складів тимчасового збереження;
- піднімання немитих буряків з наземного лотка гідротранспортера в надземний буряконасосами;
- піднімання відмитих буряків ланцюговими ковшовими елеваторами в бункер над бурякорізками;
- гравітаційне падіння буряків між обладнанням по всій довжині бурякопідготовчого відділення заводу [1; 2].

Подовження терміну збирання цукрових буряків на полях зони вирощування дає змогу ліквідувати довготермінове зберігання великої маси сировини в кагатах протягом сезону її переробки і водночас удосконалювати зовнішні споруди та схеми при заводських бурякопунктів за аналогією з цукровими заводами країн Європи, на територіях яких більш м'який клімат в осінньо-зимовий період року.

Використовуючи зміну погодно-кліматичних умов на території України в останні роки можливо, хоча і дещо ризиковано, з метою збереження сировини, досягнути зменшення пошкодження коренеплодів буряків, експлуатаційних затрат, втрат бурякомаси і цукру. Для цього необхідна реконструкція при заводських бурякопунктів з переобладнанням на комбіновані схеми транспортування й очищення цукрових буряків перед переробленням, впровадження інтенсивних методів очищення і відмивання коренеплодів цукрових буряків.

Пропонується декілька варіантів схем роботи з буряками і шляхи їх вирішення. Класична схема, яка впроваджена на усіх заводах України [1; 2], може бути удосконалена.

Варіант 1. Комбінована схема (суха механічно-гідралічна):

- механізовані роботи з буряками на при заводських бурякопунктах;
- суха подача немитих буряків у надземний лоток гідротранспортера і мийне відділення стрічковим конвеєром (без підйому буряконасосами);
- очищення буряків від сторонніх домішок обладнанням, установленим по довжині лотка гідротранспортера;
- відмивання від зв'язаних забруднень ґрунтами в мийному відділенні;
- транспортування (підймання) відмитих коренеплодів буряків ланцюговим ковшовим елеватором або ж стрічковим конвеєром у бункер над бурякорізками.

Варіант 2. Комбінована схема (суха механічно-гідралічна–суха механічна):

- механізовані роботи з буряками на при заводських бурякопунктах;
- суха подача немитих коренеплодів буряків з наземного складу або місць розвантаження в надземний лоток гідротранспортера стрічковим конвеєром (без підйому буряконасосами);
- очищення від сторонніх домішок на станції очистки та відмивання зв'язаних ґрунтів з коренеплодів у мийному відділенні;
- суха подача відмитих коренеплодів буряків стрічковим конвеєром у бункер над бурякорізками (без підйому ланцюговими ковшовими елеваторами).

Класична схема, яка експлуатується дотепер від початку промислового виробництва кристалічного цукру зі змінами й удосконаленнями, враховуючи зростання технічного прогресу протягом цього періоду, залишається прийнятною. Безумовно, в цій схемі більше переваг, чим недоліків [1; 2]. Існують також удосконалені схеми.

Варіант 1. Комбінована схема.

Переваги:

- не передбачається довготермінове збереження великих мас сировини;
- спрощуються при заводські бурякопункти через непотрібність частини зовнішніх систем і споруд;
- відпадає необхідність у додаткових роботах з буряками внаслідок зменшення кількості їх пересипок, механізмів і робітників;
- зменшується травмування і пошкодження коренеплодів; час перебування цукрових буряків у середовищі транспортерної води і втрати цукру під час вимивання його водою з відкритих поверхонь коренеплодів; загальна кількість транспортерної води в замкнутій системі споживання води; екологічне забруднення середовища тощо.

Недоліки:

- велика кількість зв'язаних на коренях і вільних ґрунтів надходить на обладнання станції очищення та миття буряків;
- при переробці буряків у морозний період сезону велика ймовірність надходження, при сухій подачі, змерзлих глиб сировини, що ускладнить транспортування і може призвести до пошкодження та виходу з ладу обладнання станції очищення;
- зниження ступеня відмивання коренів буряків через зменшення часу їх знаходження в транспортерній воді (зменшення часу розмочування і відмивання коренеплодів від зв'язаних ґрунтів);
- без впровадження процесів інтенсифікації в станції очистки і мийного відділення діючих цехів досягти високого ступеня відмивання коренеплодів неможливо [1; 4; 7].

Варіант 2. Комбінована схема.

При використанні комбінованої схеми 2 необхідно враховувати план розміщення зовнішніх споруд, цехів і відділень по території заводу, насамперед при заводського бурякопункту і бурякопідготовчого відділення, підбір та компоновку обладнання. З урахуванням вищезазначеного варто провести розрахунки капітальних одноразових і довготермінових експлуатаційних затрат. Лише після цього прийняти правильне рішення щодо економічної доцільності впровадження цієї схеми в умовах України.

Усі рекомендовані схеми мають право на впровадження і довготермінову експлуатацію на цукрових заводах, якщо керівники і технічні працівники цукрового заводу правильно оцінять такі умови: характеристика ґрунтів зони бурякосіяння (піщані, чорноземні, глинисті, суглинисті тощо); фактична за останні роки забрудненість полів рослинністю і важкими домішками (каменями); фактична забрудненість сировини, що поступає на цукровий завод; природно-кліматичні умови району за останні роки.

Основною вимогою бурякоцукрового виробництва є повна очистка буряків від сторонніх домішок і зв'язаних ґрунтів, чим забезпечиться отримання високоякісної бурякової стружки, якою визначається отримання високоякісного дифузійного соку [1; 2]. Нині це є великою проблемою для цукрової галузі України.

Варто зазначити, що, починаючи з 1973—1975 років в ВНДЦП виконувались науково-дослідні роботи з вирішення вказаної проблеми. На основі отриманих результатів запропоновано для інтенсифікації процесу відмивання коренів буряків використовувати кінетичну енергію води під високим тиском і потенціальну енергію стисненого повітря. На основі результатів досліджень були розроблені та рекомендовані для серійного впровадження дискові водовідділювачі типу ВДФ, робоча поверхня яких набрана 12 валками, укомплектовані струминними соплоапаратами, валком зворотного обертання, високонапірним насосом 2ТС-15-115, пристроєм для видалення рослинності потоком стисненого повітря [1; 2].

Над вирішенням цієї проблеми працюють науковці і фахівці з багатьох країн світу. Так, німецька фірма «Putsch» розробила і впроваджує на цукрових заводах фінішну мийку, аналогічну запропонованій у вісімдесятих роках минулого сторіччя працівниками Всесоюзного науково-дослідного інституту цукрової промисловості. Відмінність конструкції мийки фірми «Putsch» лише в тому, що робоча платформа має 18 рядів валів, набраних фігурними гумовими дисками інших геометричних розмірів, кожний вал має індивідуальний привід через мотор-редуктор. Над робочою поверхнею встановлено 12 колекторів з 12 дюзними форсунками на кожному з них, через які подається профільтована вода під високим тиском (16 бар) і діє у вигляді кругових капель води.

Починаючи з 2009 року, голландська компанія «Suiker Unie» проводить наукові дослідження з метою отримання додаткових знань про фундаментальні аспекти мийки буряків [6; 7]. Проблема в Голландії виникла після того, як компанія «Suiker Unie» запланувала будівництво двох цукрових заводів Динтелорд і Фирферлатен продуктивністю 28 000 т буряків за добу. В зоні бурякосіяння цих заводів глинисті ґрунти, буряки мають велику залишкову забрудненість зв'язаним ґрунтом (глиною), що й змусило шукати процеси інтенсифікації відмивання буряків. Правильність ідеї використання кінетичної енергії високонапірних струменів води, запропоновану авторами цієї статті понад 40 років тому, підтвердили голландські спеціалісти, які планують впровадити струмино-роликову мийку або ж струминно-барабанну [6; 7].

Продовжуються роботи з удосконалення і вирішення цієї проблеми науковими працівниками Інституту післядипломної освіти Національного університету харчових технологій (ІПДО НУХТ) і фірми ТОВ «ТМА» (м. Київ).

Так, на основі проведених в останні роки науково-дослідних робіт з удосконалення методів і поглиблення знань з використанням кінетичної енергії води високого тиску запропоновано: математичний опис процесу відмивання зв'язаних ґрунтів від коренеплодів цукрових буряків; теоретично й

експериментально визначено кількісні величини параметрів. В основі вивчення процесів вимивання ґрунтів із борозенок і впадин коренеплодів цукрових буряків, вирощених у зонах з важкими чорноземними, глинистими і суглинистими ґрунтами.

Так, кінетична енергія струмини води, що діє на коренеплід цукрового буряка, визначається співвідношенням таких параметрів:

1. Потужність потоку води, що використовується на відмивання коренів:

$$W = \frac{m \cdot v^2}{2}, \text{ Вт}, \quad (1)$$

де m — масові витрати потоку, кг/с; v — швидкість потоку в щілині, м/с.

2. Співвідношення між масовими і об'ємними витратами води:

$$m = \rho V, \text{ кг/с}, \quad (2)$$

де ρ — питома маса води, кг/м³; V — об'ємні витрати води, м³/с.

$$V = vf, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (3)$$

де f — площа отвору щілини, м².

3. Потужність потоку води, виражена через тиск P :

$$W = PV, \text{ Вт}.$$

$$P = \frac{m \cdot v^2}{2V}. \quad (4)$$

Задавши різні значення швидкості потоку v , одержимо залежність $P = P(v)$.

З приведеної гідравлічної залежності видно, що маса води суцільним потоком діє на перегородку з максимальною енергією. Роздрібнення маси струмини води на дрібні частини — це розсіювання кінетичної енергії яка діє на корені буряків з меншою ефективністю [4—7], а отже, малоефективна відносно інтенсифікації процесу відмивання.

Процес використання кінетичної енергії високонапірних струменів води за прогнозованими даними описується залежностями (1)—(4).

Витік води через сопла. Приймаємо вихідні дані:

Густина води, кг/м ³	1000	1000	1000
Коефіцієнт витрати води	0,946	0,946	0,946
Ширина щілин, мм	5	4	3
Довжина щілини, мм	90	90	90
Переріз щілини, м ²	0,00045	0,00036	0,00027

За вищенаведеними параметрами визначено кількісні величини: тиск на манометрі P ; витрата води V ; швидкість витіку води v ; потужність потоку води W виражена через тиск P , якими і визначається ефективність дії кінетичної енергії високонапірного струменя води на видалення зв'язаного ґрунту (землі) з коренеплодів буряків залежно від ширини (зазору) щілини.

Отримані розрахункові результати представлені графічно на рис. 1, 2.

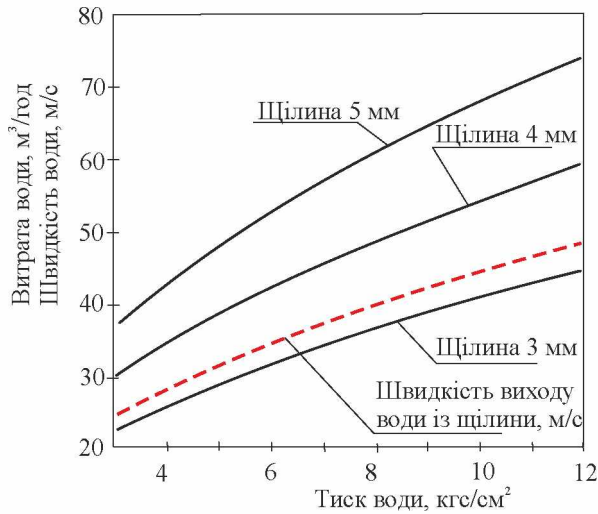


Рис. 1. Співвідношення параметрів: витрата води; тиск води; зазор виходу щілини і швидкість води із щілини

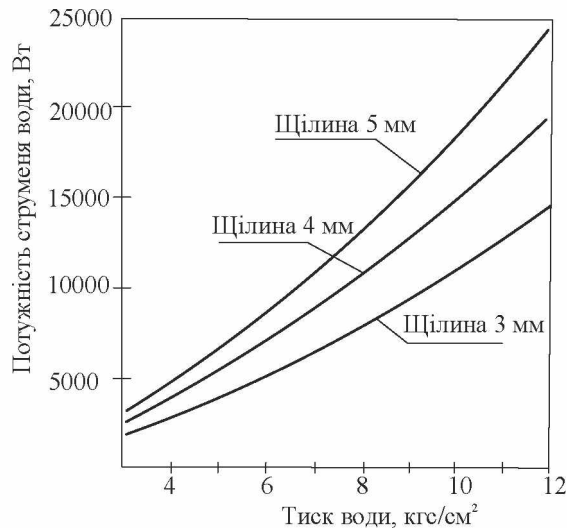


Рис. 2. Залежності потужності струменя води від тиску води і зазору щілини сопла

Наведені залежності показують вплив параметрів на результат ступеня відмивання коренеплодів буряків і енерговитрати. В практичних умовах необхідно підбирати оптимальні величини цих параметрів з урахуванням конкретних умов цукрового заводу.

Приведено опис фізики процесів розкладу сил потужності дії струменя води на поверхню коренеплоду при взаємодії під кутом 90° і 70° [1; 5].

З метою повного видалення зв'язаних ґрунтів із борозенок і впадин на коренях буряків, пропонуємо впроваджувати в діючих мийних відділеннях на цукрових заводах України наукові розробки останніх років, зокрема мийний

агрегат, який забезпечує використання кінетичної енергії води і потенціальної енергії стисненого повітря з високою ефективністю. Особливості конструкції і вимоги щодо його експлуатації достатньо повно наведені в наукових виданнях [1; 5] і нормативно-інструктивних матеріалах [2].

Вузли використання інтенсифікуючих процесів відмивання буряків представлено на рис. 3. Буряководяна суміш з лотка гідротранспортера 1 надходить на вододомішковідділювач 2 типу «ТМА-ВДФ», на робочій поверхні якого відбирається транспортерна вода з домішками і направляється на обладнання розділення і класифікації. Відділені від транспортерної води коренеплоди буряків переміщуються за рахунок однонаправленого обертання валків, набраних фігурними гумовими дисками. Над робочою поверхнею вододомішковідділювача між четвертим і п'ятим валками встановлено сопло — апарат 3, що формує плаский високонапірний струмінь води під кутом 90° до робочій поверхні, чим сприяє ефективному відділенню сторонніх домішок від потоку буряків, а між восьмим і дев'ятим валками під кутом 70° проти переміщення потоку буряків високонапірний струмінь води, сформований другим соплоапаратом 3. Соплоапарати встановлені на колекторі 4, обладнаному манометром 5, показником якого контролюється і регулюється робочий тиск води. Коренеплоди буряків при входженні тангенціально під дією високонапірного струменя води провертаються декілька разів своєю поверхнею, в процесі чого кінетична енергія води вибиває зв'язаний ґрунт із заглибин коренеплодів. Після останнього валка дискового вододомішковідділювача встановлений валок зворотного обертання 6, а в проміжок між ними через соплоапарат 7 подається потік стисненого повітря для відбору легких домішок від потоку буряків у процесі пересипки.

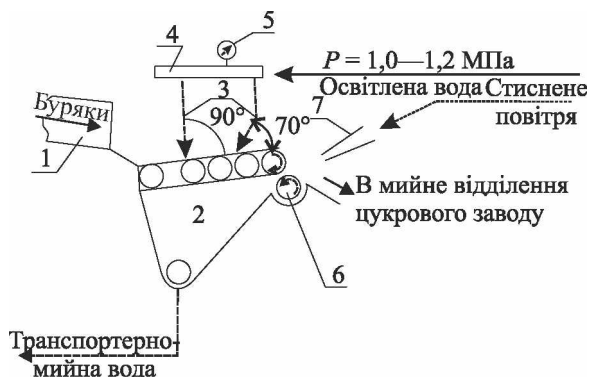


Рис. 3. Агрегат у схемі мийного відділення

Рекомендується для впровадження також мийний агрегат, який виконує процес відмивання коренеплодів буряків з використанням високонапірних струменів водоповітряної суміші в пульсаційному режимі роботи, а також з використанням ефекту кавітації [5].

Висновки

Для підвищення ефективності бурякоцукрового виробництва необхідно: удосконалювати схеми робіт з буряками; забезпечити якісну очистку сирови-