



«Якісна підготовка буряків до перероблення – головна вимога для високоефективної роботи цукрового заводу»

М.Д.Хоменко, доктор технічних наук, професор кафедри виробництва цукру та сахаридів Інституту післядипломної освіти, Національний університет харчових технологій

А.І.Сорокін, старший викладач кафедри виробництва цукру та сахаридів Інституту післядипломної освіти, Національний університет харчових технологій

К.О.Штангесв, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри виробництва цукру та сахаридів Інституту післядипломної освіти, Національний університет харчових технологій

В.М.Кухар, генеральний директор фірми «ТМА»

В.Д.Саповський, начальник бурякопідготовчого і бурякопереробного відділу фірми «ТМА»

О.П.Чернявський, технічний директор фірми «ТМА»

Основними вимогами для забезпечення ефективної роботи цукрового заводу і досягнення високих показників роботи, є:

- забезпечення високої якості сировини для перероблення;
- високий технічний рівень підприємства (сучасне обладнання, новітні технологічні регламенти, зменшення енергозатрат, та ін.);
- висока професійна кваліфікація працівників основних технологічних процесів, та ін.

На більшості працюючих в останні роки цукрових заводів в Україні, проблемними є питання:

- низька якість цукрових буряків (висока забрудненість сторонніми домішками і висока ступінь травмивання та подрібнення коренів, а також їх захворюваність та зміни технологічної якості за час збереження під впливом природних кліматичних змін);

- невідповідність одиничної продуктивності встановленого обладнання в бурякопідготовчому і бурякопереробному відділеннях цукрового заводу фактичній продуктивності заводу по перероблюваних буряках;

- фізичний і моральний знос встановленого обладнання;
- нерегульована та неритмічна подача буряководяної суміші по довжині тракту подачі, що призводить до неякісної очистки буряків від легких, важких домішок і забруднень. Причинами цьому є: інженерно неграмотно виконані вузли формування і регулювання рівномірної та ритмічної подачі необхідної кількості буряків на перероблення, і, що дуже важливо – формування потоку буряководяної суміші в співвідношенні буряки:вода рівним 1:7 (1:8), що являється оптимальним для роботи гідравлічного транспортера і ефективної роботи обладнання для очистки буряків;

- невідповідність геометричних розмірів: ширина лотка і кут нахилу днища, рекомендованих для конкретного цукрового заводу по його продуктивності, та ін.

В зв'язку з вищеперерахованими причинами, основні показники роботи



цукрового заводу, а це:

- коефіцієнт виробництва;
- коефіцієнт заводу;

- коефіцієнт використання виробничих потужностей, та ін., не можуть бути високими і, як наслідок, низька якість готової продукції, яка не може бути конкурентоздатною - в першу чергу по її собівартості.

З метою покращення ситуації в галузі, а конкретно з метою допомогти цукровим заводам мати можливість підвищити якість сировини до перероблення з урахуванням характеристики ґрунтів зони буряковирощування конкретно взятого цукрового заводу, нами запропоновані рекомендації цукровим заводам по питаннях удосконалення схем і обладнання мийних відділень, які опубліковані в наукових статтях журналу «Цукор України», в тому числі:

- «Схема і обладнання мийного відділення цукрового заводу продуктивністю 6 000 тонн переробки буряків за добу (з використанням бурякомийки типу ШІ-ПМД-6)», рекомендується для впровадження на цукрових заводах зони бурякосіяння з легкими ґрунтами /1/;

- «Перспективна схема і обладнання мийного відділення цукрового заводу продуктивністю 6 000 тонн переробки буряків за добу (з використанням комбінованої бурякомийки коритного типу СКД-6)» /2/, рекомендується для зони бурякосіяння з важкими ґрунтами;

- «Прогресивна технологічна схема мийного відділення із використанням сучасних процесів інтенсифікації та обладнання для відмивання цукрових буряків» /3/, універсальна (блокова) з використанням нового високотехнологічного обладнання для відмивання цукрових буряків, з урахуванням усіх можливих умов вирощування і переробки цукрових буряків.

Крім того, на багатьох цукрових заводах, незважаючи на загальні рекомендації викладені у ПУП 15.83-37-106:2007 «Технологічний процес виробництва цукру з цукрових буряків» /4/, водовикористання відбувається нераціонально. Рациональне використання води в бурякоцукровому виробництві не тільки вирішує екологічні проблеми, але і позитивно впливає на економічну ефективність виробництва, знижуючи собівартість готової продукції – цукру.

Зниження витрат свіжої технічної води в бурякоцукровому виробництві (водоспоживання) і зменшення кількості стічних вод (водовідведення) є одним із актуальних завдань галузі. Вода, як відновлювальний природний ресурс, згідно чинного природоохоронного законодавства України, надається для виробничих потреб по спеціальним дозволам і за відповідну плату.

Для оцінки і аналізу балансової схеми водоспоживання і водовідведення на Вашому цукровому заводі і, при необхідності її удосконалення, ми пропонуємо три типових схеми, які забезпечують виконання Державних законодавчих актів України і дозволять позитивно вирішити питання поліпшення екологічного стану на заводі, а також одночасно підвищити ефективність виробництва за рахунок зменшення платежів на охорону природи. Проблеми і їх вирішення викладені в науковій статті журналу «Цукор України» - «Про технічну досконалість оборотних систем гідротранспорту та миття буряків на цукрових заводах» /5/. Пропонуємо вибрати одну із запропонованих, і економічно доцільну для Вас схему, або



ж окремі фрагменти із трьох запропонованих схем /5/ як добавок до діючої на Вашому заводі балансової схеми водоспоживання.

Аналізуючи результати експлуатації балансових схем водовикористання на діючих цукрових заводах України, виявляється неповне розуміння, в окремих випадках, поняття нормативів використання води в бурякоцукровому виробництві. Технічні працівники окремих цукрових заводів, а також окремі автори наукових статей /8/ вважають, що чим більше використовується води в процесі виробництва, то при цьому досягається більш ефективний результат. Це абсолютно помилкова думка, і автори безпідставно і безвідповідально рекомендують виробничникам в 2-3 рази збільшувати кількість води, проти нормативно встановлених, для відмивання цукрових буряків від зв язаних ґрунтів. При цьому необхідні: додаткові фінансові вкладання на установах нового обладнання більшої продуктивності; підвищити енергозатрати і додаткові оплати за використання більших об'ємів чистої води з природніх водойм; збільшення часу обробки коренів буряків, - а економічно обґрунтованих високих результатів, при цьому, досягнути майже неможливо.

Наша задача – донести до виробничників, що якісне відмивання від зв язаних ґрунтів (почв) в бороздках і впадинах коренів буряків, необхідно проводити не шляхом збільшення мийної води, а навпаки за рахунок знаходження шляхів впровадження інтенсифікуючих процесів при нормативних споживаннях води, а це: активне перемішування буряководяної суміші; вібрація; кавітація; турбулентність потоку; використання потенційної енергії стисненого повітря і кінетичної енергії води високого тиску.

В опублікованих наукових статтях (див. список використаної літератури), ми пропонуємо впровадити наші рекомендації, щодо використання:

- кінетичної енергії пласкої (суцільної) струмینی води високого тиску (1,0;-1,2 МПа і більше) /1,2/;

- кінетичної енергії струмینی води і потенційної енергії стисненого повітря в водо-повітряному пульсаційному режимі відмивання буряків /3/.

Варто зробити загальну оцінку процесам і результатам досягнутого ступеню відмивання коренів буряків в технологічній схемі бурякоцукрового виробництва конкретно взятого з, діючих в останні роки, цукрових заводів України. Відмивання коренів буряків, в більшій чи меншій мірі, відбувається на кожному цукровому заводі, а конкретно: при гідравлічному розвантаженні їх з транспорту; при гідравлічній подачі буряків з місць їх збереження в лоток гідротранспортера; при транспортуванні буряководяної суміші по довжині гідротранспортера; в мийних агрегатах схеми мийного відділення.

Найбільша інтенсифікація процесу відмивання коренів відбуваються на обладнанні тракту подачі буряків, а це:

- в мийному відділенні заводу, при умові використання сучасних способів інтенсифікації;

- при підніманні буряконасосами 2-фазової буряководяної суміші (буряки-вода), або гідропневмомеханічними підйомачами типу Ш25-ППБ 3-х фазових (буряки-вода-повітря) потоків за рахунок високо турбулентних систем. При цьому ступінь відмивання залежить від висоти підйому. Встановлено, що при підйомі буряководяної суміші на висоту 20-25м, ступінь відмивання буряків в підйомній



трубі гідропневмомеханічного підйомника типу Ш25-ППБ досягає 50-60%.

В залежності від: характеристики почв (грунтів) зони бурякосіяння цукрового заводу; забрудненості полів рослинністю; технічного рівня вирощувальної і збиральної техніки; погодних умов при викопуванні буряків - визначається загальна забрудненість сировини яка надходить на призаводські бурякопункти – первинна забрудненість.

Після знаходження коренів буряків певний час в ємкостях зовнішніх споруд бурякоприймального пункту заводу, а також в лотках гідравлічного транспортера при транспортуванні на перероблення, та, в залежності від схем і обладнання бурякопідготовчого відділення і ефективності його роботи, забрудненість коренів буряків зв язаними почвами /землею /, перед надходженням їх в мийне відділення усереднено складає від 0,8 до 4,0% до маси буряків /1,2/.

Для вимивання почви (землі) із бороздок і впадин коренів буряків, вирощених в зонах з важкими: чорноземними, глинистими і суглинистими ґрунтами створено нове високо технологічне обладнання, в тому числі творчим колективом фірми «ТМА», яке розроблене з урахуванням теоретичних основ гідравлічних і енергетичних законів (див. нижче).

В першу чергу, *цікава для нас, закономірність*: кінетична енергія струмини (струї) води, що діє на тверду перегородку (корінь цукрового буряка) визначається залежностями /6,7/, тобто співвідношенням параметрів:

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

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

де m - масові витрати потоку, кг/с;

v - швидкість потоку в щілині, м/с;

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

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

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

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

де f - площа отвору щілини, м².

3. Потужність потоку води, виражена через тиск P

$$W = P \cdot V, \text{ Вт}.$$

З урахуванням умови (1), запишемо:

$$W = P \cdot V = m \cdot v^2 / 2. \quad (4)$$

Звідси

$$P = m v^2 / 2V.$$

Задаючись значеннями за рівних (або інших умов), одержимо залежність $P = P(v)$, у тому числі і у формі графіка.

Аналізуючи залежність (1), де m - маса рідинного потоку; v - середня швидкість потоку, витрачається на дисипативні явища, що мають місце безпосередньо в самому потоці та на розсіювання енергії /6,7/. Виходячи з приведеної гідравлічної залежності, бачимо, 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 /6,7/, а значить малоефективна відносно інтенсифікації процесу відмивання. (Цей процес можна порівняти з дією падаючої маси крупнокапельного чи мілкового (сіючого) дощу на рослинність – природні явища!).

По цій причині, можливо, для досягнення позитивного результату, запропоновано форсуночно-роликову мийку, яка має 17-ть валків і колекторів та більше сотні форсунок для створення розсіючих струменів води при тиску 16 Бар. По цій же причині, *на нашу думку*, Осадчий Л.М. /Вісник харчової промисловості «Цукрова галузь» №4 червень 2016 р./ висловив думку: «З метою забезпечення ефективної струйної очистки та мийки буряків на водовідділювачах – поверхню водовідділювачів доцільно збільшити за рахунок установки додаткових валків, до загальної кількості валків 18-24 шт. При цьому у форсунках використовуються мілкі отвори або вузькі щілини – близько 2,0-2,5 мм, а кількість форсунок досягає 60-144 шт.» /8/. Чи оправдуються такі рішення з точки зору інтенсифікації процесу відмивання коренів буряків, ефективності (по терміну проведення процесу) та економічної доцільності? Радимо визначитись в цьому питанні працівникам цукрових заводів?

Процес використання кінетичної енергії високо напірних струменів води, по прогнозованих даних описуються залежностями приведеними вище (див. формули 1-4).

Витік води через сопла. Приймаємо вихідні дані:

- Густина води, кг/м ³	1 000	1 000	1 000
- 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

Крім того, для різного типу насадок:

Тип насадок:	ϵ	ψ	μ
Зовнішній циліндричний	1	0,82	0,82
Внутрішній циліндричний	1	0,71	0,71
Конічний збіжний при $\beta=13^\circ 24'$	0,982	0,963	0,946
Конічний розбіжний $\beta=8^\circ$	1	0,45	0,45
Коноїдальний	1	0,98	0,98

По вище приведених параметрах *визначимо кількісні величини*: тиск на манометрі **P**; витрата води **V**; швидкість витоку води **v**; потужність потоку води **W** виражена через тиск **P**. (див. Табл. 1), якими і визначається ефективність дії кінетичної енергії високо напірного струменю води на видалення зв'язаного ґрунту (землі) з коренів буряків.

Таблиця 1

Тиск води, кгс/см ²	Швидкість виходу води, м/с	Витрати води, м ³ /год			Потужність струменя води, Вт		
		Зазор щілини, мм					
		5	4	3	5	4	3
2,5	22,1	33,9	27,1	20,4	2311	1849	1387



3,0	24,3	37,2	29,7	22,3	3038	2430	1823
3,5	26,2	40,2	32,1	24,1	3828	3063	2297
4,0	28,0	42,9	34,3	25,8	4677	3742	2806
4,5	29,7	45,5	36,4	27,3	5581	4465	3349
5,0	31,3	48,0	38,4	28,8	6537	5229	3922
5,5	32,8	50,3	40,3	30,2	7541	6033	4525
6,0	34,3	52,6	42,1	31,5	8593	6874	5156
6,5	35,7	54,7	43,8	32,8	9689	7751	5813
7,0	37,1	56,8	45,4	34,1	10828	8662	6497
7,5	38,4	58,8	47,0	35,3	12008	9607	7205
8,0	39,6	60,7	48,6	36,4	13229	10583	7937
8,5	40,8	62,6	50,1	37,5	14488	11591	8693
9,0	42,0	64,4	51,5	38,6	15785	12628	9471
9,5	43,2	66,2	52,9	39,7	17119	13695	10271
10,0	44,3	67,9	54,3	40,7	18488	14791	11093
10,5	45,4	69,5	55,6	41,7	19892	15914	11935
11,0	46,4	71,2	56,9	42,7	21330	17064	12798
11,5	47,5	72,8	58,2	43,7	22800	18240	13680
12,00	48,5	74,3	59,5	44,6	24303	19443	14582

Графічні дані отриманих розрахункових результатів представлені на Рис. 1 і Рис. 2.

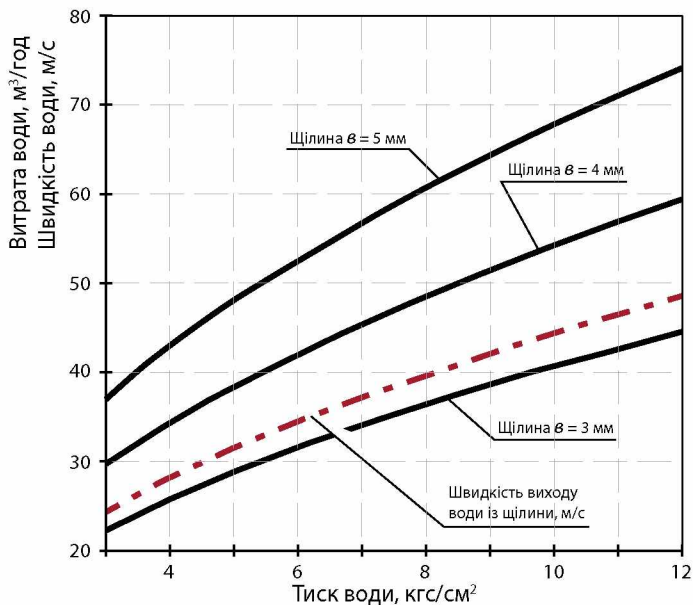


Рис. 1. Співвідношення параметрів: витрата води; тиск води; зазор щілини і швидкість виходу води із щілини.

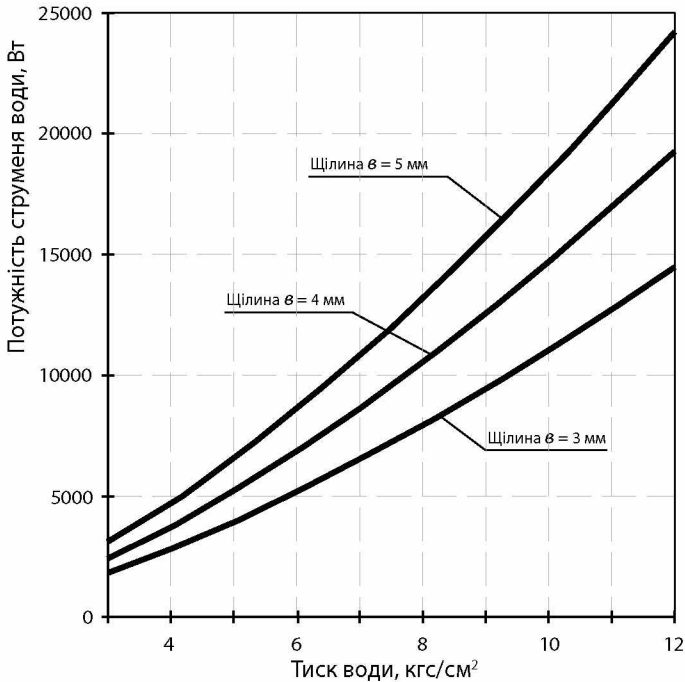


Рис. 2. Залежності потужності струменя води від тиску води і зазору щілини сопла.

Дані залежності показують вплив параметрів на результат ступеню відмивання коренів буряків і енерговитрати. Необхідно – практично – підбирати оптимальні величини цих параметрів з урахуванням конкретних умов, конкретно взятого цукрового заводу.

На нашу думку, **необхідно**, основну, максимально можливу, масу зв'язаних ґрунтів з коренів буряків відділяти струйним відмиванням на робочій поверхні дискового водовіддільника перед надходженням буряків в мийне відділення і відвести їх разом з транспортерною водою, не допускати їх надходження в мийні агрегати бурякомийного відділення, а цим самим можливо зменшити використання кількості води в мийному відділенні та підвищити ступінь відмивання коренів буряків. Досягнути високої ефективності цієї цілі можливо тільки при використанні потужного масово суцільного плаского струменя води високого тиску оптимальної товщини на першому водовіддільнику типу «ТМА ВДФ-6. 04».

Для проведення процесу струйного відмивання буряків можуть бути використані насоси високого тиску, в тому числі типу:

- 2ТС-75-115, продуктивністю 75 м³/год.; напір 115 м вод. ст.; N=55 кВт;
- X-80-50-250 тип К, Е, И, продуктивністю 50 м³/год.; напір 80 м вод. ст.; N=37-55 кВт;
- X-100-65 тип К, продуктивністю 100 м³/год.; напір 125 м вод. ст.; N=132-200 кВт;



- Д200-95 (4НДв), продуктивністю 200 м³/год.; напір 95 м вод. ст.; N=80 кВт, або інші насоси з аналогічними, та вищими, Q-H характеристиками.

Для формування високо напірних плоских струменів води запропоновані соплоапарати раніше розроблені фірмою «Сахавтомат», Жабінковським цукровим заводом (Білорусь), та фірмою «ТМА». Починаючи з 1984 року, усі виготовлені Катеринопольським ОРМЗ дискові водовідділювачі типу ВДФу комплектувалися соплоапаратами розробленими фірмою «Сахавтомат» по рекомендації ВНИИСП /9/. Продувка щілини в них виконувалась з допомогою пневматичного пристрою, що і являлось причиною незадовільної їх роботи. Фірма «ТМА» розробила механічний пристрій, як більш надійний і простіший в експлуатації.

Фізика процесів визначається розкладом і кінематикою сил потужності струменя води на поверхню коренеплода.

Розклад потужності дії струї води на коренеплід при взаємодії під кутом 90° (Рис. 3.)

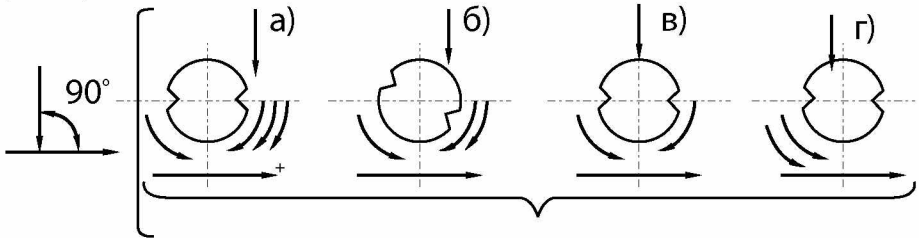


Рис.3. Робоча поверхня дискового водовідділювача при струї води під кутом 90°.

Розклад потужності дії струї води на коренеплід при взаємодії під кутом 70° (Рис.4.)

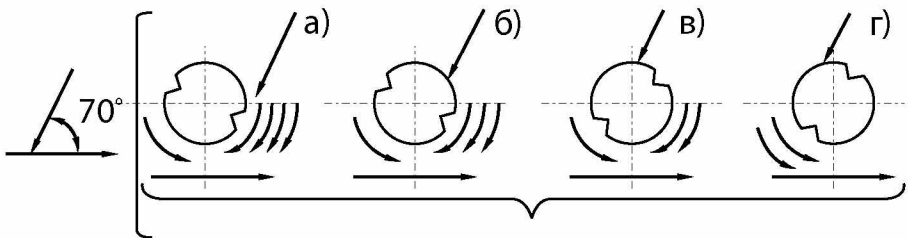


Рис.4. Робоча поверхня дискового водовідділювача при струї води під кутом 70°.

Режими переміщення потоку буряків по робочій поверхні дискового водовідділювача та режими процесів взаємодії коренеплода з високонапірною плоскою струєю води:

а) утримуючий режим взаємодії високонапірної струї в протитечійному переміщенні коренеплодів буряка;

б) менш утримуючий режим взаємодії;

в) нейтрально утримуючий режим взаємодії;

г) максимально швидкий режим виходу коренеплода із під дії струї води.

Корінь буряка транспортується по робочій поверхні дисками водовіддільника



і попадає під дію потужних пласких (по всій ширині робочої поверхні) струменів води, які виходять зі щілин шириною 5,4 чи 3мм під кутом 90° та 70° до напрямку переміщення потоку буряків. Потужна дія струї води з великою кінетичною енергією входить тангенціально у взаємодію з коренеплодом, стримує його горизонтальне переміщення, при цьому корінь декілька разів обертається в полі дії струї всією своєю поверхнею і при цьому миттєво видаляється уже розмокша почва із бороздок і впадин коренеплодів. В цьому і визначається інтенсифікація процесу відмивання коренів буряків в короткий проміжок часу з високою ефективністю.

Процес фінішного відмивання коренів буряків також необхідний для остаточного очищення зовнішньої поверхні коренеплодів від забруднення почвами, відділення шелухи і інших домішок, від мікробіологічного забруднення сировини більш чистими водами з вмістом антимікробних речовин.

Варто знати, що відмивання коренів буряків завжди зв'язано з втратами цукру. Вони повинні бути обмежені при зменшенні часу та підвищенні ефективності процесу відмивання.

Список використаних джерел

1. *Хоменко М.Д.* Схема і обладнання мийного відділення цукрового заводу продуктивністю 6 000 тонн переробки буряків за добу (з використанням бурякомийки типу ШП-ПМД-6) /М.Д.Хоменко, А.І.Сорокін, В.М.Кухар, В.Д.Саповський // Цукор України, 2014, №5. С.21-24.

2. *Хоменко М.Д.* Перспективна схема і обладнання мийного відділення цукрового заводу продуктивністю 6 000 тонн переробки буряків за добу (з використанням комбінованої бурякомийки коритного типу СКД-6) / М.Д.Хоменко, А.І.Сорокін, В.М.Кухар і ін. // Цукор України, 2014, №.6. С.11-14.

3. *Кухар В.М.* Прогресивна технологічна схема мийного відділення із використанням сучасних процесів інтенсифікації та обладнання для відмивання цукрових буряків /В.М.Кухар, В.Д.Саповський, М.Д.Хоменко, А.І.Сорокін // Цукор України, 2014, №7. С.10-12.

4. Правила усталеної практики 15.83-37-106:2007. Правила ведення технологічного процесу виробництва цукру з цукрових буряків. Нормативно-технічне видання. Видавництво «Цукор України», 2007, - 420 с.

5. *Сорокін А.І.* Про технічну досконалість оборотних систем гідротранспорту та миття буряків на цукрових заводах / А.І.Сорокін, М.Д.Хоменко //Цукор України, 2015, №5. С.8-12.

6. *Соколенко А.І.* Інтенсифікація масообмінних процесів в харчових і мікробіологічних технологіях /А.І.Соколенко, О.Ю.Шевченко, В.А.Піддубний// Видавництво ПП «Люксар». К.: 2007. – 443 с.

7. *Шлищченко З.С.* Насосы, компрессоры и вентиляторы. К.: «Техніка», 1976, 368 с.

8. *Осадчий Л.М.* Удосконалення роботи мийних відділень цукрових заводів. «Вісник харчової промисловості «Цукрова галузь» №4 червень 2016.

9. Рекомендации по дооснащению моечных отделений сахарных заводов многоступенчатым отмытием свеклы. - К.: ВНИИСП, 1984. - 9 с.