

УДК 664.121.031:628.543

СТРАТЕГІЧНІ НАПРЯМИ УДОСКОНАЛЕННЯ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА
ЦУКРОВИХ ЗАВОДІВ І ПОЛІПШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ УМОВ ЦУКРОВОЇ ГАЛУЗІ*Кухар В. М.¹, генеральний директор,
<https://orcid.org/0009-0002-5582-6582>**Шурбований В. М.², президент,
<https://orcid.org/0009-0000-1160-4473>**Хомічак Л. М.³, д.т.н., проф., член-кореспондент НААН, директор
<https://orcid.org/0000-0001-9003-0315>**Чернявська Л. І.³, д.т.н., проф., зав. лабораторії якості сировини
відділу технології цукру, цукровмісних продуктів та інгредієнтів,
<https://orcid.org/0009-0006-4574-9754>**Кухар О. В.⁴, директор
<https://orcid.org/0009-0006-5685-0102>*¹ТОВ «Компанія «ТМА», Київ, Україна²МНВА "Фільтрувальна асоціація України", Київ, Україна³Інститут продовольчих ресурсів НААН, Київ, Україна⁴ВП «Яготинський механічний завод», Яготин, Київська область, Україна<https://doi.org/10.31073/foodresources2024-22-11>

Предмет. Транспортно-мийна вода, що утворюється при гідротранспортуванні та мийці коренеплодів цукрових буряків перед їх переробкою. **Мета.** Дослідження транспортно-мийної води для створення замкненої системи її очищення для зменшення скидів на поля фільтрації і вирішення екологічних проблем цукрової галузі. **Методи.** Метод досліджень ґрунтується на визначенні швидкості фільтрування згущеного осаду транспортно-мийної води бурякоцукрового виробництва на автоматизованій пілотній установці пресфільтра з додаванням знецукреного осаду суспензії соку І сатурації. **Результати.** Розроблено оптимальну технологічну схему гідротранспортування буряково-водяної суміші з набором обладнання для видалення легких та важких домішок, схему та обладнання для згущення суспензії транспортно-мийної води, очищення, прояснення та повторне використання очищеної води та режим фільтрування згущеного осаду з вибором обладнання, фільтрувальної тканини та допоміжних засобів. Визначено алгоритм роботи мийних відділень цукрових заводів, діляниць очищення транспортно-мийної води зі згущенням осаду суспензії і його фільтрування. **Сфера застосування результатів.** Отримані результати досліджень можуть бути використані для розроблення замкнутої технологічної схеми сучасних мийних відділень з метою відмивання коренеплодів, видалення домішок із буряків, фільтрування транспортно-мийної води, згущення осаду та фільтрування його з одержанням пресованого осаду з сухими речовинами (СР) 65–70%. Отриманий сухий осад може використовуватись для рекуперації земель господарського призначення.

Ключові слова: транспортно-мийна вода, знецукрена суспензія соку І сатурації, швидкість фільтрування, технологічна схема гідротранспортування буряків на переробку, очищення транспортно-мийної води.

STRATEGIC DIRECTIONS FOR THE IMPROVEMENT
OF WATER MANAGEMENT OF SUGAR FACTORIES AND ENHANCING ECOLOGICAL
CONDITIONS OF THE SUGAR INDUSTRY*Volodymyr Kukhar¹, General Director,
<https://orcid.org/0009-0002-5582-6582>**Volodymyr Shurbovan², President,
<https://orcid.org/0009-0000-1160-4473>**Liubomyr Khomichak³, D-r of Science, Technical, Professor,
Corresponding Member of the NAAS, Director,
<https://orcid.org/0000-0001-9003-0315>**Liudmyla Chernyavska³, D-r of Sciences, Technical, Professor,
Head Raw Material Quality Laboratory of the Department of Technology of Sugar,
Sugar-containing Products and Ingredients,
<https://orcid.org/0009-0006-4574-9754>*

Oleksandr Kukhar⁴, director

<https://orcid.org/0009-0006-5685-0102>

¹LTD "COMPANY "TMA" Kyiv, Ukraine

²"Filtering Association of Ukraine" LLC Kyiv, Ukraine

³Institute of Food Resources of the NAAS, Kyiv, Ukraine

⁴PU Yagotyn Mechanical Plant, Yagotyn, Kyiv Region, Ukraine

Subject. Conveyor washing water produced during hydrotransportation and washing of sugar beet root crops before their processing. **Purpose.** The purpose of the work is to study conveyor washing water to create a closed system for its purification to reduce discharges to the filtration fields and solve environmental problems of the sugar industry. **Methods.** The research method is based on the determination of the filtration speed of the thickened sediment of conveyor washing water of beet sugar production on an automated pilot press filter unit with the addition of desugared sediment of juice suspension and saturation. **Results.** Based on the results of the research, an optimal technological scheme for hydraulic transportation of the beet-water mixture with a set of equipment for removing light and heavy impurities, a scheme and equipment for thickening the suspension of transporter-washing water, cleaning, clarification and reuse of purified water and a mode of filtering thickened sediment with a selection of equipment was developed, filter cloth and auxiliary means. As a result of the study, an algorithm for the operation of the washing departments of sugar factories, conveyor washing water purification stations with the thickening of suspension sediment and its filtering was determined. **Scope of results.** The obtained research results will be used for the development of a closed technological scheme of modern washing departments for the purpose of washing root crops, removing impurities from beets, filtering conveyor washing water, thickening sediment and filtering it to obtain pressed sediment with dry matter (SR) of 65–70%. The obtained dry sediment can be used for reclamation of agricultural lands.

Key words: transporter-washing water, desugared suspension of juice and saturation, filtration speed, technological scheme of hydrotransportation of beets for processing, purification of transporter-washing water.

Постановка проблеми. Бурякоцукрове виробництво в своїй діяльності використовує велику кількість води – близько 1000% до маси перероблюваних буряків. Зокрема, для транспортування буряків на переробку та їх відмивання від прилиплої землі. Перед переробкою цукрових буряків необхідне їх очищення від легких та важких домішок, а також від землі. Якщо очищення зроблено недостатньо якісно, то значні кількості залишкових забруднень надходять на виробництво на цукровий завод, викликаючи підвищену витрату бурякорізальних ножів; додаткове зношування обладнання в бурякопереробному відділенні, проблеми на фільтрації соків і небажано високий вміст нерозчинної в НС1 золи в буряковому жомі [1, 4].

Аналіз літературних даних. Якість бурякової сировини, що надходить на переробку, залежить від погодних умов у період збирання буряків. Наукові дослідження показують, що при поточно-і поточно-перевалочному способах збирання буряків зв'язана земля становить 75–80% від маси домішок. Загальна забрудненість таких буряків досягає 20–40% [2, 4]. А при вологості ґрунту більше 23% і забрудненості буряків понад 20%, купа буряків втрачає властивості сипучого вантажу і при розвантаженні бурякоукладальними машинами різко знижується ефект очищення. При рівні загальної забрудненості до 10% серійні очищувачі бурякоукладальних машин відокремлюють 12–25% вихідної кількості домішок, переважно вільну землю. Інші домішки (близько 75%) разом із буряковим боєм надходять у кагат.

Аналізуючи складові загальної забрудненості буряків [2], можна відзначити, що при забрудненості 10% важковіддільні на буртоукладальних машинах становлять 75%, у тому числі пов'язана земля – 60%, вільна земля – 15%, пов'язана бадилля – 15%; при забрудненості 15% домішки, що важко відділяються на бурякоукладальниках, становлять 90,4%, у тому числі зв'язана земля – 31,3%, вільна земля – 1,3%, грудки землі – 0,7%, зв'язана гичка – 58,4%; при забрудненості буряків 18 ... 40% такі домішки становлять уже 100%; у тому числі зв'язана земля – 42–73%, грудки землі – 2,62–2,65%, зв'язана гичка – 54,77–24,25% до маси домішок.

За літературними даними [5, 11] та фактично отриманими нами результатами, буряки, що надходять на переробку, містять залежно від погодних умов велику кількість домішок (невідмитої землі, вільної та зв'язаної зеленої маси, кореневищ бур'янів, каміння тощо). Кількість бою та уламків буряків на тракті подачі та в мийному комплексі складає близько 5-6% до маси буряків, тривалість перебування коренеплодів у воді при гідроподачі може становити в середньому від 6 до 36 хвилин залежно від того, наскільки широко розгалужена мережа гідротранспортерів та яким є шлях руху буряків кагатним полем до заводу. Загальні втрати сахарози в транспортерно-мийній воді становлять близько 1% до маси сахарози в заготовленій сировині або 0,18–0,25% маси буряків. При гідротранспортуванні буряків зі значними механічними ушкодженнями або підмороженими та відталими ці втрати значно вищі і можуть досягати до 0,80–0,85% до маси буряків [5, 12].

Концепція сучасних мийних комплексів цукрових заводів. В даний час спеціалізовані наукові організації та інжинірингові компанії при розробленні теоретичних основ та набору обладнання для видалення легких і важких домішок та відмивання буряків у мийному комплексі, на підставі аналізу складу вороху буряків, що надходять з полів, розглядають забезпечення якісного відмивання коренеплодів у кілька етапів: [5, 6, 10]:

Етап 1. Відділення легких незв'язаних домішок: виконується за рахунок спливання (флотації) легких домішок у водно-буряковому потоці з їх подальшим винесенням та відокремленням від води при її фільтруванні;

Етап 2. Механічна мийка: здійснюється самоочищення буряків за рахунок тертя та обертання коренеплодів. Повне видалення забруднень обмежено борозенками, в яких може знаходитися прилипла земля, а також зв'язаною гичкою, що залишилася на голівці коренеплода після збирання гичкозбиральною машиною;

Етап 3. Миття струменевою мийкою. Видалення забруднень з борозенок буряків і з поверхні коренеплодів струменями високого тиску та ополіскування їх чистою водою.

Бурякоцукрове виробництво в своїй діяльності використовує велику кількість води, зокрема, для транспортування буряків на переробку та їх відмивання від прилиплої землі. Всі види обладнання, що використовуються в мийних відділеннях цукрових заводів, вимагають для своєї нормальної роботи багато підготовленої оборотної транспортерно-мийної води. Ці питання вирішуються шляхом впровадження у виробництво сучасних мийних комплексів та ефективно працюючих відстійників транспортерно-мийної води [10, 11].

Такі комплекси дозволяють повністю видаляти соломогичкоуловлювачами незв'язану гичку, бадилля бур'янів і легкі домішки, каменеуловлювачами – важкі домішки, максимально відмивати коренеплоди від землі, черешків і зв'язаної гички на кулачкових мийках і вивести спливаючі домішки в ополіскувачах. У таких комплексах вирішене питання повернення у виробництво товарної бурякомаси. Звільнена від домішок транспортерно-мийна вода подається на відстійники будь-якого типу (горизонтальні або вертикальні). Згущений осад викачують на поля фільтрації. Таку технологічну схему мийного відділення реалізовано фірмою «ТМА» на Гайсинському цукровому заводі з використанням обладнання вітчизняного та зарубіжного виробництва [7]. Ця схема дає можливість якісно відмити буряки, отримати стружку та знизити її інфікування, а також забезпечити хорошу роботу відстійників транспортерно-мийної води ВОУ-1, встановлених на заводі. Згущений осад викачують на поля фільтрації. Поля фільтрації цукрових заводів щорічно потрібно чистити і вивозити осад, щоб звільнити карти полів фільтрації перед наступним виробничим сезоном.

Якість транспортерно-мийної води визначається [4, 8, 9]: наявністю суспензій у вигляді твердих і дрібнодисперсних частинок, піску, супіску, глини, чорнозему, кількість їх становить від 10 до 30% загального обсягу води, підвищуючи, у свою чергу, її густину; кількістю плаваючих домішок, що пройшли через сита домішкоуловлювачів: дрібних

шматочків (5–0,5 мм) бою буряків, насіння, лушпиння, опалого сухого листя, різних трав; невисокою температурою (не вище 20°C), щоб не викликати інтенсивного вимивання цукру, розвитку термофільних бактерій та інтенсифікації процесів бродіння. Транспортно-мийні води повинні мати лужну реакцію ($\text{pH} > 8,5$, найбільш ефективна коагуляція при $\text{pH} = 9,25\text{--}11,5$) з метою ослаблення бродіння та поліпшення коагуляції; вода також не повинна бути джерелом інфекції, тому що при цьому порушується нормальний технологічний режим на заводі, збільшуються втрати цукру.

Для вирішення питань підготовки, очищення та економного використання води кожен цукровий завод повинен мати сучасні споруди для очищення вод II категорії [5]. Відстійники типових конструкцій бувають періодичної, напівбезперервної та безперервної дії. До відстійників періодичної та напівбезперервної дії належать відстійники застарілих типів – земляні карти, проточні земляні, секційні (типу Чекурди) та радіальні відстійники, які мають суттєві недоліки: низький ефект очищення та малий ступінь згущення осаду, звідси – велика кількість стічних вод III категорії, відсутність фактора поділу за фракціями (легкі, важкі, зважені частки); велика займана площа (в основному родючі ґрунти); відсутність можливості регулювати продуктивність, кількість води у відстійнику, час та швидкість осадження та концентрування суспензій; в зимовий час – низька температура освітленої води, що призводить до обмерзання, замерзання та поганої подачі буряків на завод; відсутність можливості регулювати pH та дотримуватися заданих параметрів цього показника; відсутність ефективного застосування дезінфекції води, обробки коагулянтами та флокулянтами повного об'єму; значна втрата маси води в результаті випаровування з поверхні, інфільтрації в ґрунт, розкладання та гниття в об'ємі води, що очищається; відсутність можливості автоматизації; великі фінансові витрати на ремонтно-відновлювальні роботи, пов'язані з трудомісткістю очищення відстійників від осаду, що накопичився, зміцненням обваловок і дамб; екологічні проблеми: забруднення підземних вод, повітряного басейну, довколишніх водойм.

Сучасні вітчизняні очисні споруди – вертикальні відстійники-згущувачі, модернізовані марки Ш1-ПОС-3 та ВОУ-1 виготовляються Яготинським механічним заводом. Вони призначені для очищення транспортно-мийних вод від домішок бурякомаси, гички, бадилля, видалення піни, освітлення транспортно-мийних вод і згущення осаду, що видаляється.

Фірмою «ТМА» у 2018 році на Саливківському цукровому заводі було здійснено реконструкцію мийного відділення і оборотної системи вод II категорії. Після ретельного вивчення місцевих умов роботи та враховуючи особливості роботи заводу та якість буряків фахівцями фірми «ТМА» було виконано розрахунки, та запропоновано власникам заводу сучасну перспективну схему мийного відділення і очищення транспортно-мийних вод із застосуванням вертикальних відстійників-згущувачів ВОУ-1 та освітлювачів Ш1-ПОЕ. Виготовлення обладнання для очищення води було виконано на ПП "Яготинський механічний завод" фірми "ТМА", монтаж виконано також фахівцями фірми "ТМА".

У процесі експлуатації змонтованого обладнання значно покращилися показники якості транспортно-мийної води. У кілька разів знизилася наявність зважених часток у вигляді твердих та дрібнодисперсних частинок, піску, супіску, глини. Видалено велику кількість плаваючих домішок, що не пройшли через сита домішокуловлювачів, дрібних шматочків (5-0,5мм) бою коренеплодів буряків, насіння, лушпиння, опалого сухого листя різних трав.

Як результат якісного очищення води на вертикальних відстійниках – згущувачах ВОУ-1, можливість при великій забрудненості буряків та розмірах лотків гідротранспортера на продуктивність 3 тис. т. буряків на добу, безперешкодно здійснювати подачу буряків на завод понад 7 тисяч тонн буряків на добу. Ефект очищення

води становив 88-92%. За рахунок збільшення густини осаду, що видаляється з відстійників, на 30% знизилася кількість води, що видаляється на поля фільтрації.

Застосування освітлювачів ТМА-Ш1-ПОЕ дало можливість знизити витрати свіжої річкової води на миття і транспортування буряків на 40-50%. Миття та ополіскування буряків на заводі проводиться тільки освітленими водами після доочищення їх на освітлювачах [5].

Використання вертикальних відстійників-згущувачів ТМА-БОУ-1 у комплексі з доосвітлювачами води II категорії ТМА-Ш1-ПОЕ дозволило досягти загального ефекту:

- знизити втрати цукру у транспортерно-мийній воді 0,01–0,015%;
- зменшити енергоспоживання з 0,02 квт на м3 до 0,005 квт на м3;
- знизити водоспоживання у 2 рази;

- вирішити екологічні проблеми: знизити забруднення підземних вод, повітряного басейну, прилеглих водойм.

Технологічна схема подачі буряків у завод, відокремлення від коренеплодів домішок, миття, підготовка та використання води представлені на рис.1.

Буряководяна суміш з буферної ємності 1 для буряків, розташованої в нижньому гідротранспортері, куди подається також і транспортерно-мийна вода, насосом викачується у верхній лоток гідротранспортера 2. На верхньому гідротранспортері послідовно розташоване обладнання для видалення важких 3 і легких домішок 4. два стрічкові соломогичкоуловлювачі. Для інтенсифікації спливу легких домішок є вентилятор стисненого повітря 15. Домішки, що уловлюються каменеуловлювачами і соломоуловлювачами, спеціальним транспортом вивозять за межі заводу. Буряководяна суміш надходить на водовідділювач дисковий 5. Для віддування легких домішок після водовідділювача є вентилятор 18. Після водовідділювача буряки надходять у ополіскувач 6, де відбувається подальше уловлювання та виведення з потоку легких домішок за допомогою ситчастого транспортера 6.2. Спареним конвеєром 6.1 буряк направляється в двовальну кулачкову мийку 7, після якої буряки направляються на фінішну ролик-форсункову мийку 8. Таким чином, відбувається багатоступінчасте відділення домішок, відмивання і відтирання черешків, зв'язаного бадилля, бічних корінців, послідовне ополіскування водою із антисептиком. За допомогою фінішного миття освітленою водою високого тиску 10–12 атм. змивається весь бруд, що прилип до коренеплодів, вимивається бруд з бічних канавок, потім коренеплоди ополіскуються чистою водою (охолодженим конденсатом) і обробляються антисептиком. Після фінішного миття здійснюється обдування коренеплодів стисненим повітрям для видалення прилиплої поверхневої вологи. Буряки вивантажуються на транспортер 16 і подаються в завод в бункер над бурякорізками.

При реконструкції мийних комплексів однією з важливих проблем є забезпечення їх водою та очищення транспортерно-мийної води (ТМВ).

Нами розроблено набір обладнання та реалізовано технологічну схему очищення транспортерно-мийної води та згущення її осаду (рис.2).

Після водовідділювача 5 транспортерно-мийна вода потрапляє в гравієволовушку барабанного типу 20, після якої вода надходить на фільтри транспортерно-мийної води. Вода проходить через фільтри і прямує до збірника ТМВ 21. Відсепаровані шматки бурякомаси, бою, хвостики та інші домішки надходять на розподільний стрічковий конвеєр 10, де здійснюється класифікація бурякомаси за розмірами шматочків. Товарна бурякомаса транспортером 11 направляється на переробку, шматочки бурякомаси розміром менше 10 мм відсортовуються та йдуть на корм худобі. Легкі домішки (бадилля, гичка, черешки та ін.) видаляються разом з легкими домішками із соломоуловлювачів 4.

Транспортерно-мийна вода зі збірника 21 насосом подається через домішкоуловлювач 24 у відстійник транспортерно-мийної води вертикального типу марки ТМА – БОУ-1. Для підтримки рН транспортерно-мийної води в межах 9,5–11,2, що

рекомендуються інструкцією, у збірник передбачено підведення вапняного молока. Для запобігання рясному піноутворенню ТМВ передбачено введення піногасника. У відстійник 25 для інтенсифікації відстоювання процесу вводиться флокулянт. Для підготовки флокулянта змонтовано обладнання його підготовки та подачі. Декантована вода ділиться на два потоки: один йде в прояснювач, а другий - в мийне відділення (ополіскувач 6, в кулачкову мийку 7).

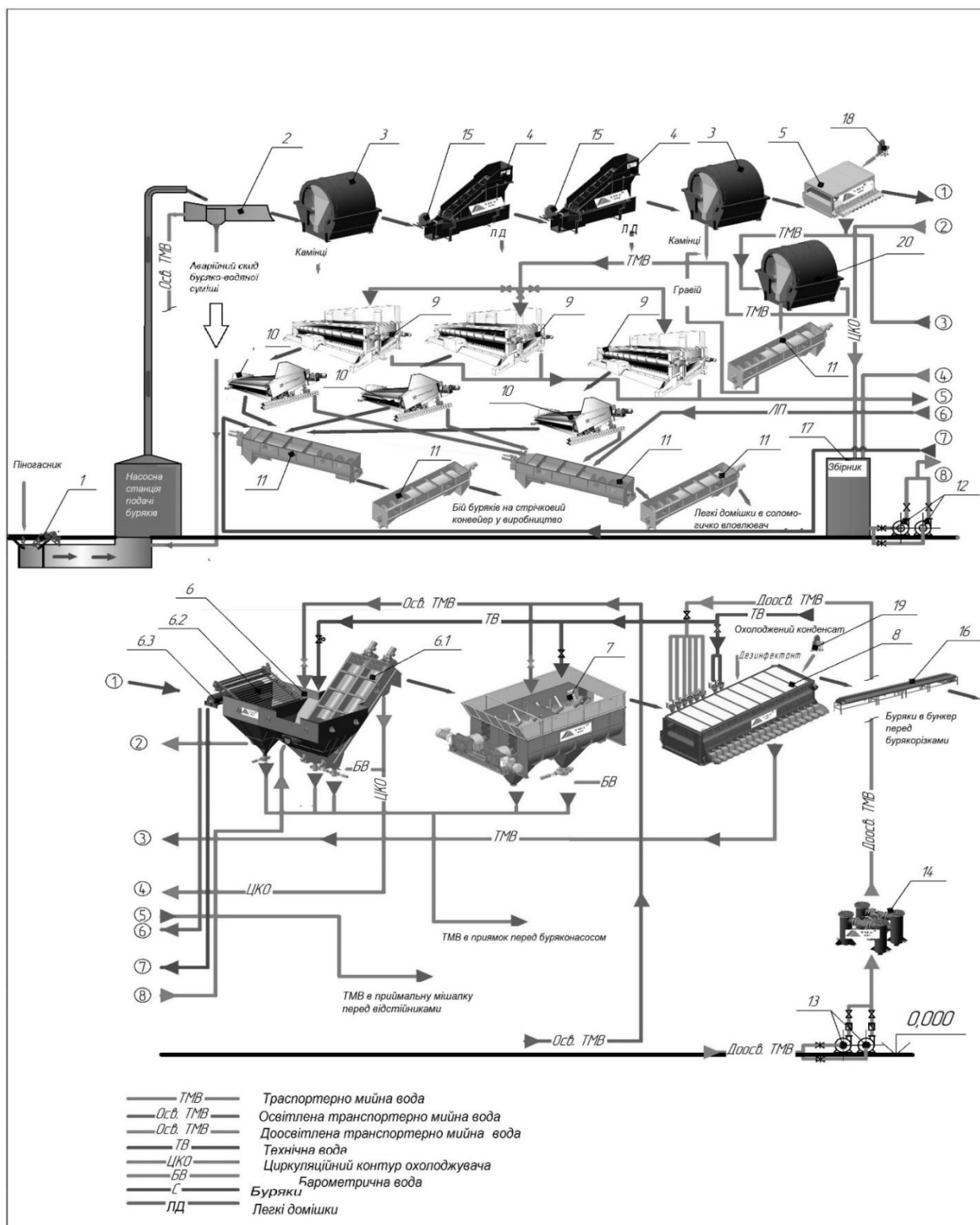


Рис. 1. Технологічна схема подачі буряків, очищення їх від домішок та мийного відділення

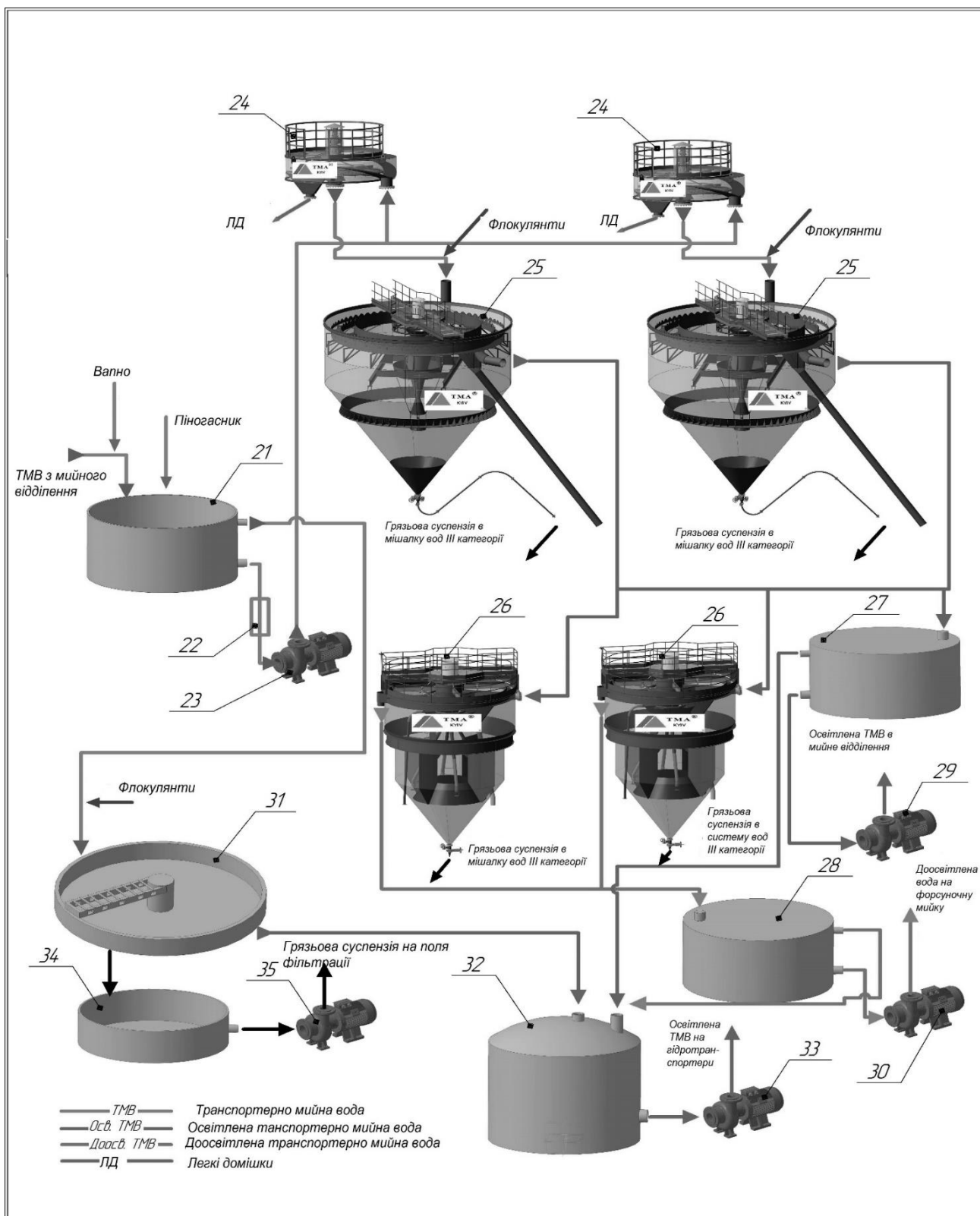


Рис. 2. Обладнання та схема очищення транспортної води

Прояснена в прояснювачі 26 вода надходить у збірник 28, з якого вона насосом 30 подається на перші ряди форсунок фінішної форсуночно-роликової мийки 8. Чересуюча вода зі збірника 27, 28 і 31 надходить у збірник 32, звідки вона забирається і надходить для транспортування буряків і у мийне відділення.

Наявний у заводі радіальний відстійник транспортерно-мийної води 31 використовується для декантування брудної ТМВ. Туди також додається флокулянт. Вода після нього надходить у збірник 32 і прямує на подачу буряків.

Згущена грязьова суспензія з радіального відстійника 31, вертикального відстійника 25, освітлювача 26 направляється в збірник-мішалку згущеної грязьової суспензії 34 і насосом 35 викачується на поля фільтрації.

Існуючі на цукрових заводах поля фільтрації вимагають перед наступним виробничим сезоном очистки від осаду. Для цього використовують спеціальну техніку та транспорт, що відвозить осад на поля. Така робота триває декілька місяців, вимагаючи задіяти спеціалізовану техніку та автотранспорт.

У зв'язку з підвищенням продуктивності переробних підприємств вони потребують збільшення площ полів фільтрації, що не завжди є можливим.

Дослідження можливості отримання сухого осаду зі згущеної суспензії транспортерно-мийної води. Метою наших досліджень було визначити можливість фільтрування згущеної на вертикальних відстійниках суспензії осаду транспортерно-мийної води з отриманням сухого осаду, який можна уже під час виробничого сезону транспортувати автотранспортом на ділянки, де потрібна рекуперація землі.

З метою зниження витрат свіжої води і зменшення навантаження на поля фільтрації ми виконали дослідження з питань фільтрування згущеної суспензії після вертикальних відстійників транспортерно-мийної води. Дослідження здійснювались з метою швидкого очищення транспортерно-мийної води та отримання злегка вологого осаду (СР=65–70%) з можливістю вивезення його на поля для внесення у ґрунт та для рекуперації земель. Вода після фільтрування може повторно використовуватись в мийних відділеннях заводу.

Матеріали та методи. Для досліджень були використані сухі осади транспортерно-мийної води та знецукреної суспензії соку І сатурації, що були відібрані на цукровому заводі, з яких готували безпосередньо перед проведенням досліджень розчин густиною 1,18–1,2 г/см³ за допомогою водопровідної води. Співвідношення осаду транспортерно-мийної води і знецукреного осаду суспензії соку І сатурації в розчинах було від 90:10 до 50:50. Дослідження були проведені також в режимах фільтрування з початковим наливом суспензії соку І сатурації та з поточним її дозуванням протягом періоду фільтрування. Фільтрування отриманої суміші здійснювали на автоматизованій пілотній установці фільтрпресу, що працює під тиском, площею фільтрування 1 м². Для досліджень використовувались фільтрувальні серветки з різною пропускною спроможністю – від 100–110 до 600–700 /м²*с. Фільтрування здійснювали до повного заповнення фільтрувальної камери фільтрпреса нашої пілотної установки з наступною просушкою спресованого осаду. В процесі фільтрування відбирали фільтровану воду після фільтрпреса та зразки спресованого осаду. За результатами замірів об'ємів профільтрованої води і тривалості процесу фільтрування обчислювали швидкість фільтрування.

Результати та їх обговорення. Спроби фільтрування на пілотній установці згущеної суспензії транспортерно-мийної води густиною 1,2 г/см³ показали, що вона не фільтрується. Оскільки згущена суспензія транспортерно-мийної води, що є переважно чорноземом, самостійно фільтруватися не може, ми використали добавку суспензії з високими фільтраційними властивостями – осад знецукреної суспензії соку І сатурації. Знецукрену суспензію соку І сатурації використовували для досліджень, а також у якості поточного дозування в процесі фільтрування при зниженні швидкості фільтрування вод, а також як добавку до згущеної суспензії транспортерно-мийної води. Всього було проведено 24 дослідження.

Основні параметри роботи пілотної установки:

- тривалість процесу фільтрування – від 9 до 12 хвилин;
- тривалість процесу просушки осаду – від 3 до 9 хвилин;
- тиск, що створюється мембранним насосом – від 4 до 6 бар;

- об'єм рідини, що відфільтровується протягом досліду – 3 дм³;

При використанні фільтрувальних серветок, що мали показник повітряпроникності 600–700 дм³/м² *с, була отримана швидкість фільтрації води залежно від співвідношення згущеної суспензії транспортерно-мийної води і знецукреної суспензії соку І сатурації від 0,898 до 1,124 м³/м²*с, але отримана вода була каламутна.

При використанні фільтрувальних серветок, що мали показник повітряпроникності 100–110 дм³/м²*с, швидкість фільтрування води становила 0,513 м³/м²*с, вода була прозора, світлого кольору. Така вода може бути використана повторно для ополіскування буряків на фінішній ролико-форсунковій мийці. Це дозволить зменшити використання у системі мийного відділення свіжої води та зменшити навантаження на поля фільтрації.

Отриманий осад може бути вивезений на поля, а також використовуватись для рекуперації земель.

За проведеними дослідженнями розроблено алгоритм організації процесу фільтрування та технологічну схему із застосуванням вищезазначених складових та зроблено орієнтовний розрахунок переліку робіт та структуру витрат для умов бурякопереробних підприємств та інших галузей промисловості України [3].

Висновки та напрями подальших досліджень. Розроблена принципова технологічна схема та набір обладнання для організації роботи по гідротранспортуванню буряків, видаленню легких та важких домішок, відмиванню буряків від прилиплоного ґрунту, очищення транспортерно-мийної води від домішок та згущення суспензії, що знаходиться в ній.

Робота мийного комплексу та дільниці підготовки води автоматизована, регулювання здійснюється у взаємозв'язку з роботою тракту подачі та ступенем наповнення бункера над бурякорізками.

Розробка у повному обсязі впроваджена на 2 цукрових заводах України – Гайсинському та Саливкінському.

З технологічної точки зору впровадження мийного комплексу дає змогу зменшити кількість баласту, що потрапляє разом із буряками у переробку, зменшити інфікування бурякової стружки та невраховані втрати у відділенні сокодобування.

Основні показники економічного ефекту від впровадження технологічної схеми та застосування розробленого обладнання на цій дільниці:

- зменшується витрата вапняного молока на очищення дифузійного соку на 0,25% до маси буряків;
- додатково збільшується вихід цукру на 0,3–0,5% до маси буряків із повернутою у виробництво бурякомасою та спливаючими коренеплодами;
- зменшується контамінація бурякової стружки та невраховані втрати сахарози у відділенні сокодобування на 0,05-0,1% до маси буряків,
- підвищується чистота дифузійного соку на 0,8–1,5%;
- збільшується ефект очищення соку на дефекосатурації на 3–5%;
- зменшується вміст цукру в мелясі на 0,3–0,4%;
- скорочується тривалість виробництва на 2-3,5 діб;
- знижується витрата умовного палива на 0,22% маси буряків.

Виконані дослідження на пілотній установці заклали основу для практичного впровадження фільтрування осаду згущеної суспензії транспортерно-мийної води з отриманням сухого осаду, який може вивозитись в сезон на поля та використовуватись для рекуперації земель на цукрових заводах України.

Бібліографія

1. Запольський А. К., Українець А. І. Екологізація харчових виробництв. К.: Вища школа, 2005, С. 313–314.
2. Кузнецова Л. А, Марочко И. А., Грищенко Ю. С. Фракционный состав сахарной свеклы. Сахарная промышленность. 1973. № 7. С. 51–54.

3. Кухар В. М., Чернявський О. П., Шурбований В. М., Чернявська Л.І. Дослідження процесу фільтрування згущеного транспортерно-мийного осаду з метою вирішення екологічних проблем цукрової галузі. Тези доповіді міжнародної науково-практичної конференції «Харчова промисловість як основа продовольчої безпеки і розвитку держави» 27.11.2023 ІПР НААН м. Київ. <https://drive.google.com/file/d/1eLM8WgpQ42ETTh7RLIKwg-1hIi64L1qTn/view>.

4. Кухар В. М. Розроблення та впровадження нових видів обладнання для трактів подачі та мийних комплексів цукрових заводів. Тези доповіді на міжнародній науково-технічній конференції «Перспективи розвитку цукрової промисловості України» 26–27 березня 2019 року, м. Київ.

5. Poel, v.d., Schiweck, H., Schwartz T. Zuckertechnologie-Ruben und Rohrzuckerherstellung. Verlag Dr. Bartens. Berlin. 2000.

6. Спапенс-Єрлеманс М., Виттенберг А., Струйс Я. Сахар и свекла. 2015. № 1. С.10–19,

7. Хоменко М. Д., Кухар В. М., Саповський В. Д. Схема і обладнання мийного відділення цукрового заводу продуктивністю 6000 тонн переробки буряків на добу з використанням бурякомийки типу Ш1-ПМД-6. Цукор України. 2014. № 5. С. 21–24.

8. Хоменко М. Д., Кухар В. М. Схеми доставки, очищення від домішок, відмивання цукрових буряків. Науково-інформаційний вісник «Цукрова галузь». 2018. №11. С. 12–15.

9. Пушанко Н. Н., Лагода В. А., Шурбований В. М. Теория и практика разделения суспензии в свеклосахарном производстве. К.: Сталь. 2017. С. 32–60.

10. Пушанко М. М., Хоменко О. І., Абрамов О. Б. Особливості процесів очищення буряків від зв'язаних забруднень у ході гідравлічного транспортування. Харчова промисловість. 2008. № 7. С. 46–49.

11. Хоменко М. Д., Кухар В. М., Саповський В. Д. Прогресивна технологічна схема мийного відділення з використанням сучасних процесів інтенсифікації та обладнання для відмивання цукрових буряків. Цукор України. 2014. № 5. С. 10–12.

12. Кухар В. Н., Чернявская Л. И. Потери массы и сахарозы на тракте подачи свеклы в завод и пути их снижения. Цукор України. 2015. № 11–12 (119–120), С. 59–64.

References

1. Zapolsky, A. K., Ukrainets, A. I. (2005). Ekologizatsiya kharchovykh vyrobnytstv. [Greening of food production] K.: Higher School, pp. 313-314. [in Ukrainian].

2. Kuznetsova, L. A. (1973). Fraktsyonnyy sostav sakharoy svekly [Fractional composition of sugar beet]. Sugar industry. No. 7, p. 51-54. [in russian].

3. Kukhar, V. M., Chernyavskiy, O. P., Shurbovaniy, V. M., Chernyavska, L. I. (2023). Doslidzhennya protsesu filtratsiyi z hushchenoho transporterно-miynoho osadu z vyrishennya ekologichnykh problem tsukrovoyi haluzi [Study of the filtering process of thickened conveyor washing sludge for the purpose of solving environmental problems of the sugar industry] Abstracts of the report of the international scientific and practical conference "Food industry as the basis of food security and development of the state" November 27, IPR NAAS, Kyiv. P. 72–73. <https://drive.google.com/file/d/1eLM8WgpQ42ETTh7RLIKwg-1hIi64L1qTn/view>. [in Ukrainian].

4. Kukhar, V. M. (2019). Rozrobka ta vprovadzhennya novykh vydiv obladdannya dlya traktiv podachi ta miynykh kompleksiv tsukrovyykh zavodiv. Tezy dopovidi na mizhnarodniy naukovotekhnichniy konferentsiyi [Development and implementation of new types of equipment for the supply tracts and washing complexes of sugar factories] Abstracts of the report at the international scientific and technical conference "Prospects for the development of the sugar industry of Ukraine" March 26-27, Kyiv [in Ukrainian].

5. Poel, v.d., Schiweck, H., Schwartz T. Zuckertechnologie-Ruben und Rohrzuckerherstellung. Verlag Dr. Bartens. Berlin, 2000, P. 292–305.

6. Spapens-Yorlemans, M. A., Wittenberg, J. Struys, Yo. (2015) Razrabotky po uluchshenyyu moyky svekly [Developments on improving beet washing.]. Sugar and beets, №1, p.10–19, [in russian].

7. Khomenko, M. D., Kukhar, V. M., Sapovskiy V. D. (2014). Skhema i obladdannya myynoho viddilennya tsukrovoho zavodu produktyvnistyu 6000 tonn pererobky buryakiv na dobu z vykorystanniam buryakomoyky typu SH1-PMD-6 [Scheme and equipment of the washing department of the sugar factory with a capacity of 6,000 tons of beet processing per day using a beet washer of the Sh1-PMD-6 type]. Sugar of Ukraine. № 5, P. 18–24. [in Ukrainian].

8. Khomenko, M. D., Kukhar, V. M. (2018). Skhemy dostavky, ochyshchennya vid domishok, vidmyvannya tsukrovyykh buryakiv. [Schemes of delivery, cleaning of impurities, washing of sugar beets]. Scientific and information bulletin "Sugar industry". №11. P. 12–15. [in Ukrainian].

9. Pushanko, N.N., Lagoda, V.A., Shurbovaniy, V.M. (2017) Teoryya y praktyka razdelenyya suspenzyu v sveklosakharom proyzvodstve. [Theory and practice of suspension separation in beet sugar production]. K.: Steel. P.p. 32-60. [in russian].

10. Pushanko, M. M., Khomenko, O. I., Abramov, O. B. (2008). Osoblyvosti protsesiv ochyshchennya buryakiv vid zv'yazanykh zabrudnen' u khodi hidravlichnoho transportuvannya Kharchova promyslovist' 2008 №7 s.46-49 [Peculiarities of beet cleaning processes from bound pollution during hydraulic transportation Food industry] No. 7 p. 46-49. [in Ukrainian].

11. Khomenko, M. D., Kukhar, V. M., Sapovskyi, V. D. (2014) Prohresyyna tekhnologichna skhema myynoho viddilennya z vykorystannyam suchasnykh protsesiv intensyfikatsiyi ta obladnannya dlya vidmyvannya tsukrovykh buryakiv [Progressive technological scheme of the washing department using modern intensification processes and equipment for washing sugar beets], Sugar of Ukraine, № 5. P. 30–36. [in Ukrainian].

12. Kukhar, V. N., Chernyavskaya, L. I. (2015) Potery massy y sakharozy na trakte podachy svely v zavod y puty ykh snyzhenyya. [Losses of mass and sucrose on the route of beet supply to the plant and ways of their reduction]. Sugar of Ukraine. № 11–12(119–120), P. 59–64. [in Ukrainian].