

Інженерне забезпечення модернізації дифузійних установок

*Л.А. Верхола, кандидат технічних наук, e-mail: mst@gala.net,
ТОВ «Теплоком», e-mail: info@teplocom.kiev.ua*

Розглянуто питання модернізації дифузійних установок на вітчизняних цукрових заводах. Проаналізовано основні аспекти робіт, які проводяться при модернізації: вироблення концепції, інформаційне забезпечення, розробка технологічної схеми, балансування гідравлічних контурів, відпрацювання технологічного регламенту, створення АСУТП, навчання персоналу.

Ключові слова: дифузійно-пресова установка, ефективність екстракції, технологічний регламент, навчання персоналу.

Rассмотрены вопросы модернизации диффузионных установок на отечественных сахарных заводах. Проанализированы основные аспекты работ, которые проводятся при модернизации: выработка концепции, информационное обеспечение, разработка технологической схемы, балансирование гидравлических контуров, отработка технологического регламента, создание АСУТП, обучение персонала.

Ключевые слова: диффузионно-прессовая установка, эффективность экстракции, технологический регламент, обучение персонала.

Problems of modernization diffusion units in the domestic sugar plants are considered. Analyzed the main aspects of the work being done when modernization: concept development, information support, development of technological schemes, balancing hydraulic circuits, improvement of technological regulations, the establishment of the control system, training of personnel.

Keywords: diffusion-press unit, extraction efficiency, production schedules, staff training.

Усі дифузійні установки, які застосовуються на цукрових заводах України, виготовлено більше 20 років тому, зараз їх вже знято з виробництва.

Але за минулі роки вимоги до технологічної та теплової ефективності дифузійних установок значно підвищились. Тому на багатьох вітчизняних заводах здійснено проекти з їх модернізації і отримано певні результати.

Метою статті є аналіз методів, які було застосовано при модернізації дифузійних установок, та їх впливу на економічну ефективність виконаних проектів.

Узагальнення досвіду останніх років дає можливість визначити основні причини, через які реальна економічна ефективність проектів з модернізації дифузійних установок часто не досягає значень, які було розраховано на етапі бізнес-планування. Їх розглянуто нижче.

Прийняття необґрунтова-

ної концепції – відбувається, коли на стадії прийняття рішення система аналізується однобоко або на базі недостовірних даних. Наприклад, стверджується, що продуктивність похилих двошнекових апаратів може бути збільшено майже до 200% від номінальної [1]. Досягнута продуктивність підтверджується виробничими даними цукрових заводів. Але, слід звернути увагу на те, що збільшення продуктивності досягнуто лише для апаратів малої номінальної продуктивності, що підтверджують дані про роботу 79 апаратів типу DC (рис. 1). На наших заводах абсолютну більшість складають апарати DC-12 (DdS-30), для яких такий режим є недосяжним через недостатній робочий об'єм та великий діаметр шнеків [2]. Також необхідно розуміти, що усі процеси у дифузійній установці взаємопов'язані, і «форсування» викликає зміну інших параметрів:

– навантаження на приво-

ди шнеків досягає 92% (у номінальному режимі – 60%), тобто запас потужності мінімальний, і робота можлива виключно при забезпеченні дуже високої ритмічності та стабільності якості стружки;

– неодмінно збільшується довжина «неактивної» ділянки апарату, де температура нижча за 65 °С;

– згідно законів процесу екстракції знижується ефективність процесу, наприклад: відбір дифузійного соку збільшується на 10...15%, втрати цукру в жомі зростають у 1,5...2 рази.

Не можуть вважатися перспективними концепції, які базуються на інтенсифікації нагріву стружки (ошпарювання) шляхом додаткового введення тепла у першу ділянку дифузійного апарату [3] – інжектування пари, рециркуляція підігретого соку, застосування додаткових поверхонь нагріву, тощо. Такі заходи, безумовно, сприяють покращенню температурно-

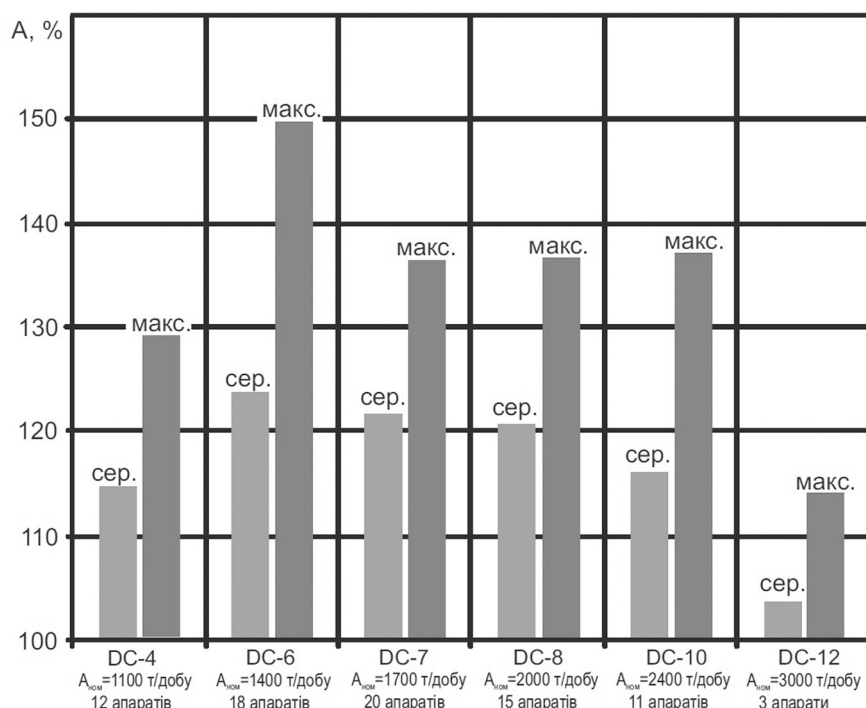


Рис. 1. Продуктивність (середня та максимальна) двошнекових дифузійних апаратів типу DC за даними цукрових заводів Польщі за сезон 1994/1995 р.р.

го режиму процесу екстракції – забезпечують швидке ошпарювання стружки та стерилізацію сокостружкової суміші. Це підвищує технологічні показники дифузійної установки, але порушує сучасну концепцію теплової схеми цукрового заводу, за якою дифузійний сік, що відбирається з дифузійної установки, повинен мати температуру, яка перевищує температуру стружки не більш ніж на 15 К. Це дозволяє задіяти для його подальшого нагріву низкопотенційні теплоносії (вторинний пар вакуум-апаратів, конденсати) і зменшити витрати пари на технологічні потреби. При існуючих цінах на цукор і паливо у світовій цукровій промисловості пріоритетом є економія пального, тому в усіх сучасних дифузійних установках застосовуються протитечійні ошпарювачі [4].

Помилкове визначення продуктивності також часто відбувається при застосуванні дифузійних установок, які були в експлуатації на закордонних цукрових заводах. Режим роботи цих установок максимально форсувався перед їх заміною на нові, більш потужні установки. Під час перепродажу цих закордонних установок постачальник,

навмисно чи через незнання, декларує як номінальне те значення продуктивності, яке було досягнуто у «форсованому» режимі. Безумовно, що коли новий власник починає експлуатувати придбану установку, він стикається з усіма негативними наслідками, які наведено вище.

Найбільш розповсюдженим напрямком модернізації дифузійних установок є впровадження пресів з глибоким віджиманням жому. Основною помилкою, якої припускаються проєктанти, є припущення, що впровадження пресів саме собою вирішує усі проблеми, які існують у дифузійній установці. Насправді, ефективність додавання пресової стадії до процесу екстракції має оцінюватися шляхом розрахунків процесу дифузійно-пресової екстракції. Для отримання максимального позитивного ефекту необхідно впровадити комплекс заходів [5], який включає:

- систему підготування живильної та жомопресової води із забезпеченням заданої величини хімічної жорсткості та рН;
- автоматичне регулювання продуктивності пресів відповідно до варіантів подаль-

шого використання пресованого жому: сушіння, переробка на біогаз, зберігання у м'яких оболонках, тощо;

- визначення оптимальної величини вмісту цукру у жомі та технологічного режиму процесу екстракції.

Також необхідно враховувати, що для дифузійних установок усіх типів (двошнекових, колонних та ротаційних) існують перевірені на практиці залежності [6] між основними конструктивними параметрами (діаметр корпусу, діаметр шнеків, довжина (висота) апарату, площа поверхні сит, крок шнекової поверхні, ширина секцій, потужність, що споживається, тощо) дифузійних апаратів та ошпарювачів та продуктивністю дифузійної установки.

Спеціалістам, які планують модернізацію дифузійних установок, можемо рекомендувати визначати проєктні технологічні показники шляхом комплексного розрахунку, який має базуватися на відомих методиках розрахунку тепло-масообміну у промислових дифузійних установках. Найбільш достовірні результати буде отримано у разі, якщо в якості вихідних даних буде використано не паспортні

ТЕХНІКА & ТЕХНОЛОГІЇ

дані обладнання, а реальні виробничі дані, які слід узагальнити за декілька сезонів.

Нами розроблена та апробована на цукрових заводах програма математично-статистичної обробки даних хіміко-технічного контролю, яка включає 15-20 тис. значень за сезон [7]. Основним результатом, що отримується, є ключова характеристика досліджуваного дифузійного апарату - залежність ефективності екстракції від продуктивності. Сформована база ключових характеристик дифузійних апаратів двошнекового, колонного і ротаційного типів різної продуктивності, яка застосовується у проектних розрахунках.

Також актуальними є концепції підвищення продуктивності дифузійних апаратів, що базуються на збільшенні висоти або довжини апарату шляхом встановлення додаткових секцій. При необхідності встановлюються додаткові сита та модернізується привод. Така практика поширена у світі для колонних та двошнекових апаратів, але на вітчизняних заводах ще не впроваджена.

Лише з використанням математичного моделювання є можливим розрахунок оптимального режиму у випадках, коли паралельно працюють дифузійні установки різних типів, або жом розподіляється на паралельні потоки, пресування яких здійснюється у різних режимах, тощо [7].

Застосування застарілої інформації, яке має місце на вітчизняних заводах, є наслідком значного згортання науково-дослідних робіт, та недостатнього інформаційного забезпечення, яке має місце у нашій галузі останніми роками. У літературі, що використовується в цукровій промисловості, розділи, які стосуються дифузійних установок, містять описи обладнання, що давно знято з виробництва і демонтовано на цукрових заводах (наприклад, ошпарювачі марки

«О»). Немає даних про устрій та режими роботи сучасних пресів для віджимання жому. Наказом Міністерства аграрної політики та продовольства України № 130 від 11.04.2014 р. строки дії інструкцій для цукрової промисловості, які було затверджено у 1967...1985 р.р., подовжено до 2019 р. Тому можна зробити висновок, що створення нових нормативних документів, які б відображали сучасний стан техніки та технології, у найближчі роки і не планується.

Іноземна література, яку можна отримати за допомогою Інтернету, також не вирішує проблеми через специфічність вітчизняної промисловості під час поточного, перехідного етапу. Єдиний реальний вихід для спеціалістів з проектування полягає у ретельному вивченні наявної інформації та її творчій адаптації до наявної ситуації. Ми пропонуємо для цукрових заводів перекласти актуальної світової літератури з питань дифузійно-пресового процесу.

Спрощення вихідних технологічних схем є розповсюдженою практикою. Метою є здешевлення проекту, зменшення навантаження на обслуговуючий персонал, уникнення клопотів з організації постачання допоміжних речовин, тощо. Але часто це також є наслідком недостатнього розуміння спеціалістами усіх аспектів комплексного процесу дифузійно-пресової екстракції.

Так, наприклад, відмова від систематичного вивантаження осаду з циклонів-піскоуловлювачів призводить до потрапляння піску у сік та підвищеного абразивного зношування насосів та сит, вартість яких висока. Нераціональне використання мезги дифузійного соку чи жомпресової води також може в окремих випадках значно погіршувати технологічні показники процесу [8].

Незбалансованість гідравлічних контурів часто зустрічається у дифузійних установ-

ках на вітчизняних цукрових заводах. Це явище походить з попередньої практики, коли проектувальники мусили вибирати насоси для дифузійних установок з обмеженого асортименту. Точні розрахунки гідравлічних контурів зазвичай не виконувались. У сучасній ситуації є можливість широкого вибору насосів, які будуть точно відповідати розрахунковим характеристикам, є широкі можливості застосування частотного регулювання. Це дозволяє, наприклад, для колонної дифузійної установки продуктивністю 3000 т/добу зменшити потужність, що споживається, з 257 кВт до 77 кВт [9].

Завищена потужність насосів крім підвищення витрат електроенергії може викликати значне вспінювання дифузійного соку та кавітаційне зношення арматури та обладнання, обумовлює складності автоматичного регулювання потоків.

Ми пропонуємо аналіз та оптимізацію гідравлічних схем дифузійних установок різних типів.

Невідповідність технологічного регламенту параметрам обладнання виникає через те, що процес дифузійно-пресової екстракції значно відрізняється від процесу без повернення жомпресової води та процесу з невисоким ступенем віджимання жому (12...16% СВ). Кардинальна відмінність цих технологічних регламентів полягає у тому, що для дифузійно-пресової технології необхідно розраховувати сумарний техніко-економічний ефект від обох стадій процесу: дифузійної та пресової. Досягнення високого ступеню віджимання потребує чіткого дотримання вимог щодо середньої температури процесу, температури ошпарювання, хімічного складу екстрагенту, регулювання частоти обертання шнеків пресу. Дотримання вірного технологічного регламенту забезпечує віджимання жому до вмісту сухих речовин 30 % і більше.

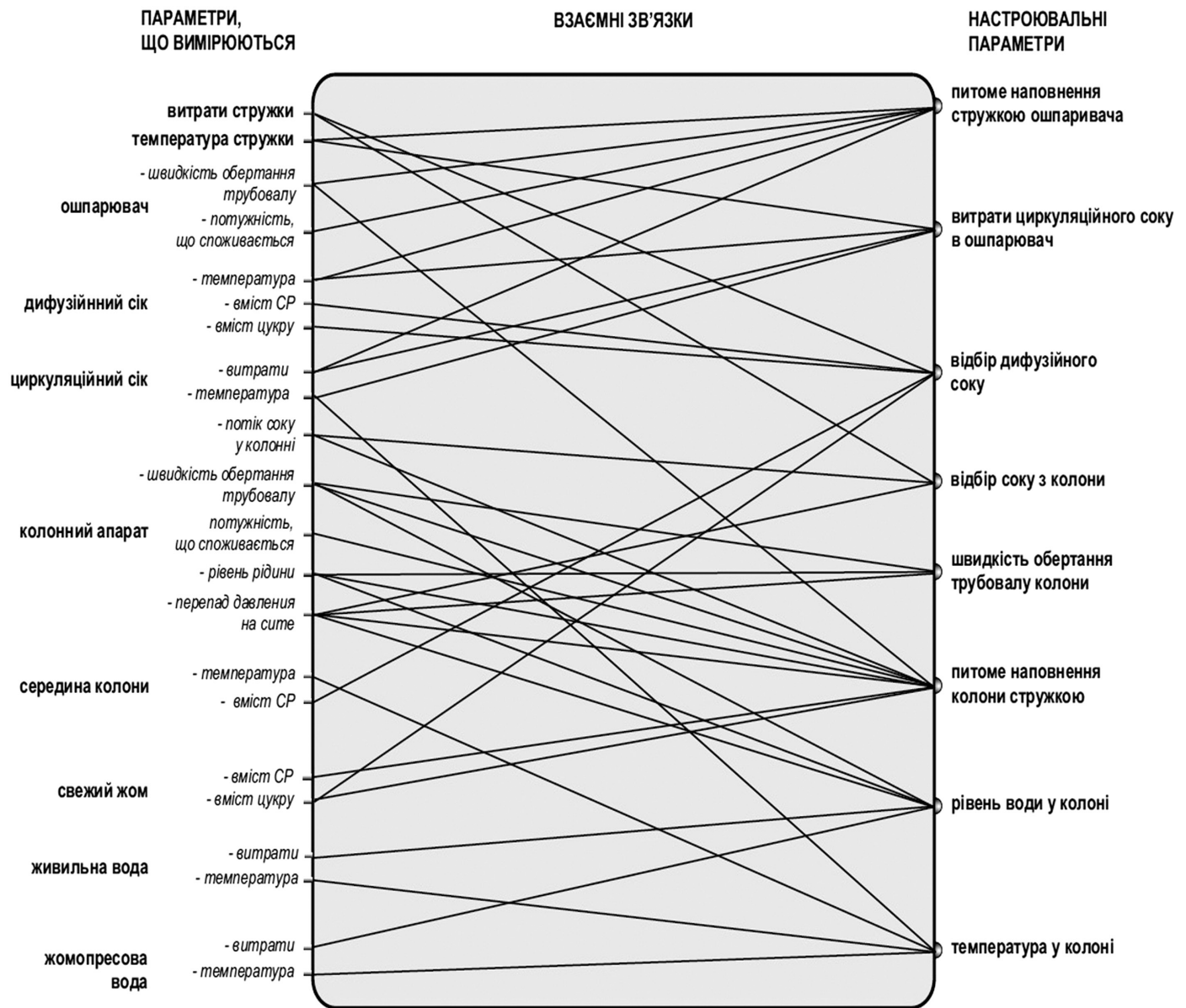


Рис. 2. Схема взаємних зв'язків у колонній дифузійній установці

Це підтверджує практика роботи зарубіжних заводів, на яких додержанню технологічного регламенту приділяється належна увага. Для вітчизняних заводів, які придбали преси для глибокого віджимання жому, можемо запропонувати визначення оптимального технологічного режиму та розробку технологічного регламенту дифузійно-пресової екстракції.

Спрощення системи автоматизації. Дифузійна установка є складною хіміко-технологічною системою, особливо це стосується установок колонного типу (рис. 2).

Для створення ефективної АСУТП необхідно дотримуватись наступних принципів:

тись наступних принципів:

Принцип нових завдань: методи обліку, планування та оперативного регулювання, що склались традиційно, не можуть бути просто перекладено на комп'ютерну техніку, їх потрібно перебудувати з урахуванням її можливостей. Для цього необхідно провести ретельний аналіз дифузійної установки.

Принцип першого керівника полягає в тому, що замовлення на АСУТП, його розробка і впровадження повинні проводитися під безпосереднім контролем першого керівника, який має відповідні знання та права.

Принцип системного підходу полягає в одночасному (систем-

ному) підході до об'єкта управління і управляючої системи. Не можна ставитися до керуючої системи наче до чогось другого-рядного.

Принцип безперервного розвитку системи: в АСУТП повинна бути передбачена можливість її розвитку (підготовка нових завдань і модернізація старих). В іншому випадку АСУ може стати гальмом для функціонування дифузійної установки.

Принцип єдиної інформаційної бази полягає у створенні загальної інформаційної бази для всіх завдань. Зміни бази повинні проводитися оперативно, в одному темпі зі змінами об'єкта управління.



Рис. 3. Структурна схема системи «людина-машина»

Сучасні АСУТП дифузійних установок інтегровані з системою управління лабораторною інформацією LIMS. Це дає змогу реалізувати підсистему підтримки прийняття рішень, яка на основі інформації, отриманої від системи автоматичного контролю, оператора та даних сировинної і заводської лабораторій, формує рекомендації для управлінських рішень оператора.

Дані, які збираються з систем управління дифузійною установкою і системи управління лабораторною інформацією, передаються через мережу у моделюючу програму, яку встановлено на окремій машині. Ця програма розраховує ключові індекси показників (Key performance indexes (KPI's)), такі як числа одиниць переносу маси та тепла [9], коефіцієнти теплопередачі к теплообмінників. Ці декілька індексів узагальнюють десятки показників, які надходять до системи від дифузійної установки та лабораторій, тому їх зручно використовувати для оперативної оцінки поточної ситуації операторами та керівництвом заводів і компаній.

Також бажаним є надання АСУТП функцій навчального тренажеру з імітацією техно-

логічних відхилень та аварійних ситуацій, що дозволить підвищувати кваліфікацію операторів дифузійної установки та ІТР без ризиків для виробництва.

Навчання персоналу. Оператор дифузійної установки відноситься до типу «оператор-технолог» і є ключовою фігурою у виробничому процесі. Він безпосередньо включений в технологічний процес, працює в основному в режимі негайного обслуговування, робить переважно виконавчі дії, керуючись інструкціями, що містять набір ситуацій і рішень щодо технологічних процесів.

Людина є головною ланкою системи «людина - машина» (СЛМ). Саме вона ставить цілі перед системою, планує, спрямовує і контролює весь процес її функціонування. Діяльність оператора в системі «людина - машина» узагальнено може бути представлена у вигляді чотирьох основних етапів (рис. 3).

1. Приймання інформації - сприйняття інформації, що надходить про об'єкти управління і властивості сировини та технологічних середовищ, які важливі для вирішення завдань. Інформація приводиться до вигляду, придатного для оцінки та прийняття рішення.

2. Оцінка і переробка інформації - зіставлення заданих і поточних (реальних) режимів роботи СЛМ, аналіз та узагальнення інформації, виділення критичних об'єктів та ситуацій. Оператор виконує запам'ятовування інформації, витяг її із пам'яті, та декодування.

3. Прийняття рішення - здійснюється на основі проведеного аналізу та оцінки інформації. При цьому може виникати ще й складність вибору необхідного рішення з багатьох можливих.

4. Реалізація прийнятого рішення - виконується шляхом реалізації певних дій або віддачею необхідних розпоряджень.

Універсальним засобом професійної підготовки операторів є навчання, у процесі якого людина опановує певну системою знань, навичок і вмінь. Зміст навчання визначається специфікою діяльності оператора. З погляду психології знання можуть виступати у формі наочних уявлень (образів) і понять, що є абстрактним і узагальненим відображенням дійсності. Однією з істотних властивостей системи знань оператора є така її організація, яка забезпечує можливість легкої трансформації наочних уявлень в поняття, і навпаки. Це становить найважливішу умову формування концептуальних моделей, оперативних образів та суб'єктивних моделей об'єкта, яким керують, що здійснюють функцію регуляторів операторської діяльності.

Для формування у свідомості оператора правильної та ефективно і надійно працюючої «розумової картини» або концептуальної моделі навчання має базуватися на застосуванні основних фізичних законів процесів, що відбуваються в дифузійній установці.

Для навчання операторів безпосередньо на цукровому заводі нами була розроблена програма, яка орієнтована на формування розуміння сутності процесів, що відбуваються при вилу-

Оцінка збитків цукрового заводу внаслідок невірних рішень при модернізації чи впровадженні дифузійних установок

Розділ робіт	Наслідки невірних рішень
Прийняття необґрунтованої концепції	Зменшення продуктивності до 20 % та ефективності до 35 % від запроєктованої
Застосування застарілої інформації	Можливість невірних рішень по п.п. 1,3,5
Спрощення технологічної схеми	Додаткові втрати цукру, підвищене зношування обладнання
Незбалансованість гідравлічних контурів	Перевитрати електроенергії у 2...4 рази, передчасне руйнування насосів і арматури, спінювання дифузійного соку
Невідповідність технологічного регламенту параметрам обладнання	Зменшення продуктивності до 10 % та ефективності до 25 % від запроєктованої
Спрощення системи автоматизації	Додаткові втрати цукру
Навчання персоналу	Ризики невірних рішень, що призводять до втрат цукру та аварій

ченні цукру з буряків, і навчання практичним навичкам ефективного управління дифузійної установкою.

Програма навчання і підручні матеріали для операторів розроблені на підставі досвіду розробки дифузійних установок, проведення виробничих випробувань і пуско-налагоджувальних робіт. За розробленою програмою було проведено навчання операторів та практичні заняття на 7 цукрових заводах. Отримані знання дозволили операторам позбутися певних «психологічних бар'єрів» та використати раніше незадіяні резерви існуючих дифузійних установок. Наприклад, опанування навичками регулювання питомого навантаження ошпарювача дозволило підвищити ефективність протічного теплообміну і знизити температуру дифузійного соку, що відбирається на подальшу переробку, з 45...55 °С до 25...32 °С [10].

Підсумовуючи викладений матеріал, ми наводимо орієнтовну оцінку втрат (табл.), які можуть виникати внаслідок невірних рішень при модернізації та впровадженні нових дифузійних установок.

рних рішень при модернізації та впровадженні нових дифузійних установок.

Список використаних джерел

1. С.Светлицки. Реальные возможности увеличения производительности диффузионных аппаратов типа DdS (DS) (Тезисы доклада на конференции «Postępnictwo techniczne w zakresie techniki i technologii cukru» 2002 г. Miejsce : Zakopane)
2. Walerianczyk E.W. Kompendium praktycznego prowadzenia procesu ekstrakcji w aparacie korytowym – Warszawa: Stowarzyszenie Technikow Cukrownikow, 1996., - 196 s.
3. Олейник И.А., Садыч А.В., Ивашкевич А.А., Соловов Н.Г., Ткач И.С. Аппарат для ошпаривания свекловичной стружки насыщенным паром // Сахарная промышленность. - 1983. - № 11. - С. 21-23.
4. Василяка А., Верхола Л., Ладановский М. Пути повышения тепловой и технологической эффективности диффузионных установок // Сахар и свекла - 2011. - № 1 - С. 22-24.

5. Осадчий Л.М., Кульковец Н.В. Прессование жома и использование жомпрессовой воды // Сахар. - 2011. - № 3. - С. 22-35.

6. Верхола Л.А. Экстракция сахара из свеклы: возможности имеющегося оборудования / Л.А. Верхола, Н.Н. Пушанко // Цукор України. - 2011. - № 11 (71). - С. 33-41.

7. Верхола Л.А., Ладановский М.М. Совершенствование методики проектирования диффузионных отделений // Сахар - 2014. - №10. - С. 41-46.

8. Прати Э. Влияние пульпы на процесс переработки сахарной свеклы // Сахар - 2015. - №9. - С. 40-44.

9. Верхола Л.А., Пушанко Н.Н. Снижение затрат электроэнергии при работе колонных диффузионных установок // Сахар. - 2007. - № 5. - С. 25-29.

10. Верхола Л.А., Яцюк П.В., Шутенко А.В., Куманський П.С., Малик Т.П. Модернізація системи ошпарювання колонної дифузійної установки Шамраївського цукрового заводу // Цукор України. - 2011. - № 1 (61) - С. 46-50.