

Екстракція цукру з буряків: можливості наявного обладнання

Л.А. Верхола, кандидат технічних наук, незалежний експерт

М.М. Пушанко, доктор технічних наук, професор, кафедра технологічного обладнання харчових виробництв, Національний університет харчових технологій

Розглянуто можливості підвищення теплотехнічних та технологічних показників процесу екстракції в наявних на цукрових заводах України дифузійних установках. Показано взаємозв'язок основних конструктивних параметрів дифузійних установок колонного та двошнекового типів з показниками їх роботи. Проаналізовано технічні рішення щодо модернізації наявних дифузійних установок. Запропоновано методику оцінки ефективності процесу дифузійно-пресової екстракції.

Ключові слова: дифузійна установка, апарат двошнекового типу, колонний апарат, ошпарювач, використання потужності, форсований режим, пропускна спроможність, число одиниць переносу, пресування жому.

Rассмотрены возможности повышения теплотехнических и технологических показателей процесса экстракции в имеющихся на сахарных заводах Украины диффузионных установках. Показана взаимосвязь основных конструктивных параметров диффузионных установок колонного и двухшнекового типов с показателями их работы. Проанализированы технические решения по модернизации имеющихся диффузионных установок. Предложена методика оценки эффективности процесса диффузионно-прессовой экстракции.

Ключевые слова: диффузионная установка, аппарат двухшнекового типа, колонный аппарат, ошпариватель, использование мощности, форсированный режим, пропускная способность, число единиц переноса, прессование жома.

It has been considered the ways of rising heat engineering and technological activities of extraction process at diffusion plants of Ukrainian sugar factories. Also it has been shown the interconnection between main constructional characteristic of tower and twin-screw diffusion units and the results of there operation. The engineering solutions for modernization of present diffusion units have been analyzed. It has been offered the method for estimation the effectiveness of diffusion and press extraction.

Keywords: extraction plant, twin-screw type apparatus, tower apparatus, scalding, exploitation of resources, forced regime, traffic-carrying capacity, number of transfer units, pulp pressing.

Сучасні вимоги енергозбереження та екології, які стосуються дифузійних установок (далі – ДУ) можуть бути сформульовані наступним чином: величина відбору дифузійного соку 105-110 % при рекуперації ~ 75 % його тепла, віджимання зі свіжого жому 70-80 % рідини, яка знаходиться в ньому, та повернення її до ДУ.

На основі накопиченого досвіду експлуатації наявних ДУ різних типів вітчизняними спеціалістами запропоновано наступні шляхи підвищення їх ефективності:

- видалення мезги з потоків дифузійного відділення [1];
- вдосконалення конструктив-

них елементів та технологічного режиму роботи дифузійного апарату DC [2];

- впровадження пресів для глибокого віджимання жому [3];
- вдосконалення гідравлічної схеми, технологічного режиму ошпарювача та колонного дифузійного апарату, режиму роботи насосу сокостружкової суміші [4,5].

Заходи, що перелічено вище, базуються на трафаретних рішеннях окремих аспектів загальної проблеми підвищення ефективності ДУ. Але вирішення такої комплексної проблеми повинно базуватися на системному підході, який включає всебічний аналіз усіх суттєвих

складових функціонування ДУ та взаємозв'язків між ними.

На даному етапі дослідження аналізується склад парку наявних ДУ та взаємозв'язок їх конструкції з параметрами тепломасообмінних процесів що здійснюються. На основі результатів цього аналізу розглядаються можливості підвищення ефективності процесу екстракції цукру з буряків в апаратах та установках різних типів.

А. Характеристики обладнання.

Структуру парку ДУ було сформовано системою постачання обладнання, яка існувала у 1980-х роках. При цьому вирі-

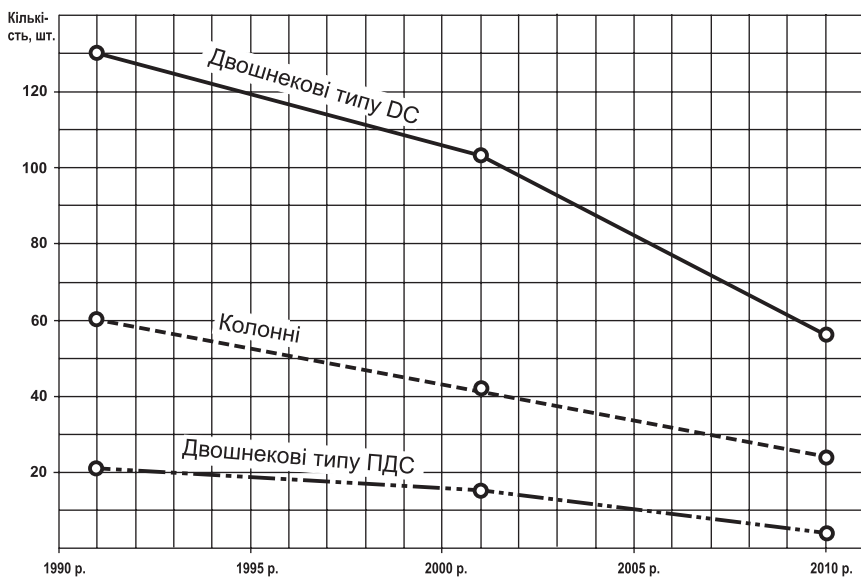


Рис. 1. Зміна кількості ДУ на цукрових заводах України

шальну роль зіграла масова поставка з Польщі двошнекових дифузійних апаратів типу DC. За останні два десятиріччя було закрито багато цукрових заводів, відповідно кількість ДУ зменшилась у 2,5 рази (рис. 1).

Більш ніж у 5 разів скоротилась кількість апаратів ПДС-20, які було встановлено на невеликих заводах, що переробляли у середньому 1150 т буряків на добу. Однак співвідношення між основними типами ДУ залишилось практично незмінним: 61 % - двошнекових, 29 % - колонних.

нання та були перепрофільовані. При цьому не було збережено оригінали технічної документації та спеціальні засоби технологічного оснащення. В даний час потреби у запасних частинах та ремонтних комплектах до наявних ДУ задовольняються контрафактною продукцією невеликих підприємств.

У сезон 2010 р. в Україні працювало 87 ДУ, при цьому середній коефіцієнт використання потужності Квик склав: плановий – 0,838 од., фактичний – 0,871 од. Залишається невикориста-

що у 2010 р. режим їх роботи був набагато кращим порівняно з 1991 г. (рис.3). Це свідчить про те, що на заводах, які залишились, виконується робота по забезпеченню відповідності виробничої потужності ведучого обладнання та заводу у цілому.

Найбільш цікавим є аналіз особливостей ДУ двох типів: двошнекових типу DC (56 од.) та колонних (24 од.). ДУ інших конструкцій збереглося небагато: двошнекових ПДС – 4 од., ротаційних – 2 од., ланцюгового типу - 1.

Апарати типу DC створено у 1952 р., і на той час вони були найбільш досконалими з теплотехнічної точки зору. Прототип мав продуктивність 1200 т/добу та довжину корпусу 22,5 м. Подальший розвиток типорозмірного ряду мав свою особливість: із збільшення продуктивності збільшували діаметр шнеків, лишаючи довжину корпусу практично незмінною. На основі аналізу технічної документації ми пропонуємо залежності (табл. 1), які дозволяють визначати з точністю до 1,5 % основні конструктивні параметри апаратів типу DC різної продуктивності.

З наведених залежностей ба-

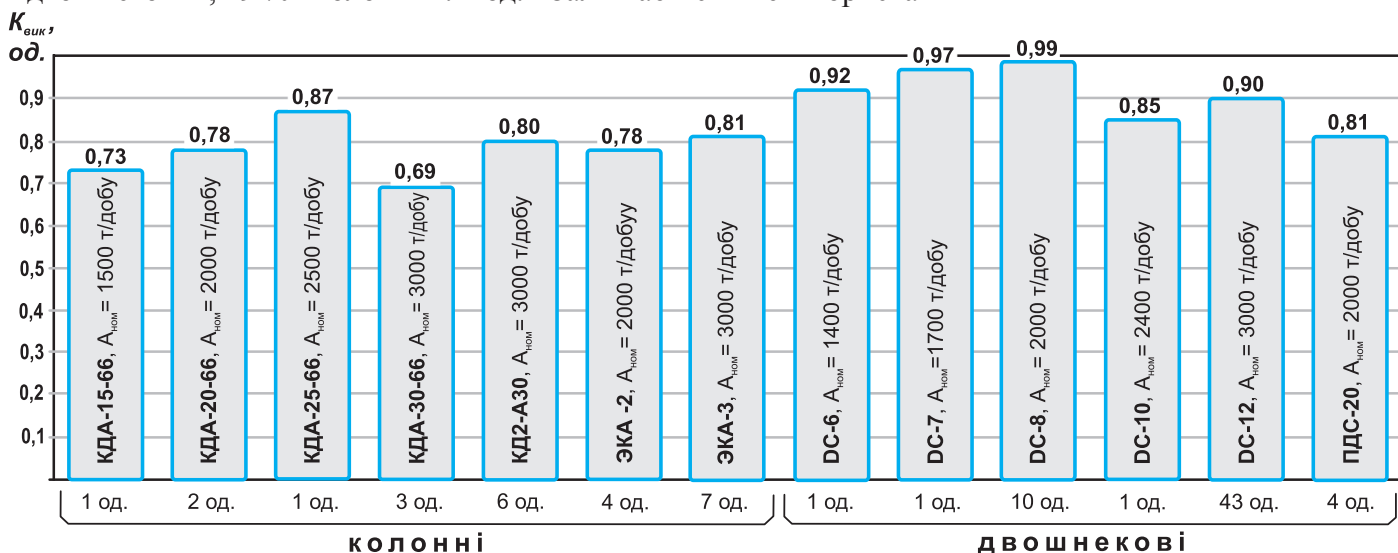


Рис. 2. Коефіцієнт використання потужності ДУ у сезон 2010 р.

Десятки ДУ, які було введено з експлуатації, склали пропозицію на вторинному ринку, більше десяти було експортовано. Внаслідок цього підприємства-виробники України та Росії припинили випуск нового облад-

ним резерв продуктивності ДУ - 31 тис. т буряків на добу.

Використання потужності в колонних ДУ нижче, ніж у двошнекових (рис. 2). Аналіз розподілу Квик найбільш розповсюдженої ДУ типу DC-12 показує,

чимо, що відношення площі поверхні нагріву до об'єму для апаратів кожного більш потужного типорозміру знижується. Так для DC-6 воно складає 0,944 м²/м³, для DC-12 - 0,645 м²/м³, а для DC-19 - 0,527 м²/м³. Таким

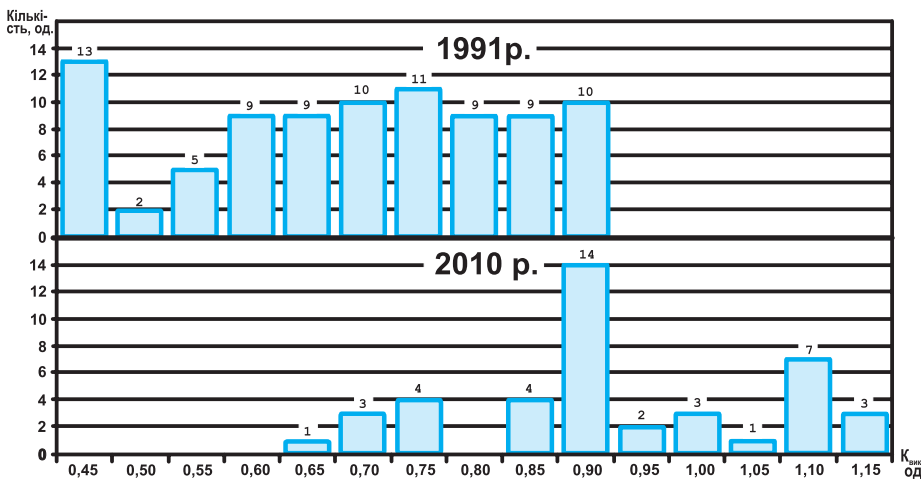


Рис. 3. Розподіл коефіцієнту використання потужності ДУ типу DC-12 у сезон 1991 р. та 2010 р.

чином для передачі необхідної кількості тепла у більш потужних апаратах необхідна більша довжина ділянки ошпарювання. При цьому також збільшується нерівномірність нагріву стружки, що є одним з суттєвих недоліків апаратів типу DC. Для апаратів DC 12 недоліки температурного режиму, які було перелічено, виявляють себе найбільш виразно [7] (апарати DC-17, DC-19 вже вилучено з експлуатації). Для багатьох заводів актуальною задачею є форсування роботи ДУ. Конструкція апаратів DC має для цього відповідні резерви: великий робочий об'єм, який відповідає тривалості процесу 120 хв., запас транспортуючої здатності шнеків та потужності приводу.

Досвід цукрової промисловості Польщі, а саме там ці ДУ складають цілковиту більшість,

показав, що форсування може досягати 130-150 % номінальної продуктивності і більше. Для цього використовується вплив режимних факторів, таких як:

- стабільно висока якість бурякової стружки;
- параметри живильної води, які відповідають мінімальному «розварюванню» стружки у процесі екстракції;
- дозована подача ефективної поверхнево-активної речовини;
- автоматична стабілізація і регулювання параметрів процесу.

Разом з тим, при форсованому режимі виникає необхідність передавати більшу кількість тепла через наявну поверхню теплообміну парових камер, тому недоліки температурного режиму посилюються (рис. 4), що підтверджено виробничими дослідженнями [8]. Підвищення потенціалу грюючої пари з 103-105°C до

130-132°C не вирішує питання повністю, натомість збільшує нерівномірність нагріву сокостружкової суміші по перерізу корпусу та перегрівання стружки біля стінок парових камер.

Для нормалізації температурного режиму застосовується попередній нагрів стружки паром з температурою 103-120°C в ошпарювачах [9] та інжекція пари з температурою 130-132°C безпосередньо у сокостружкову суміш [10]. Такі методи радикально інтенсифікують нагрівання стружки, але при цьому втрачаються первісні теплотехнічні переваги апарата DC.

Застосування багатоступінного ошпарювача зрошувального типу для попередньої теплової обробки стружки дозволяє нормалізувати температурний режим зі збереженням теплотехнічних переваг [11].

Радикально вирішити задачу у комплексі, тобто збільшити продуктивність та одночасно підвищити теплотехнічні показники апаратів DC, дозволяє застосування протитечійного ошпарювача. Розроблені з самого початку для оснащення колонних ДУ, ці ошпарювачі продемонстрували високу ефективність теплообміну, тому їх стали застосовувати також для ДУ інших типів [12].

Така модернізація потребує істотних затрат, але вони окупляться за рахунок наступних

Таблиця 1

Залежність основних конструктивних параметрів дифузійних апаратів типу DC від їх продуктивності A, тис. т/добу

Параметр апарату	Формула для розрахунку
Діаметр шнеків D, м	$D = 2,0635 \times \sqrt{A}$ (1)
Площа поперечного перерізу корпусу S, м ²	$S = 5,59 \times A$ (2)
Робоча довжина корпусу L, м	$L = 22,70$ (3)
Робочий об'єм апарату V, м ³	$V = 126,9 \times A$ (4)
Площа поверхні теплопередачі F, м ²	$F = 141,72 \times \sqrt{A}$ (5)
Відношення F/V, м ² /м ³	$F/V = 1,117 / \sqrt{A}$ (6)

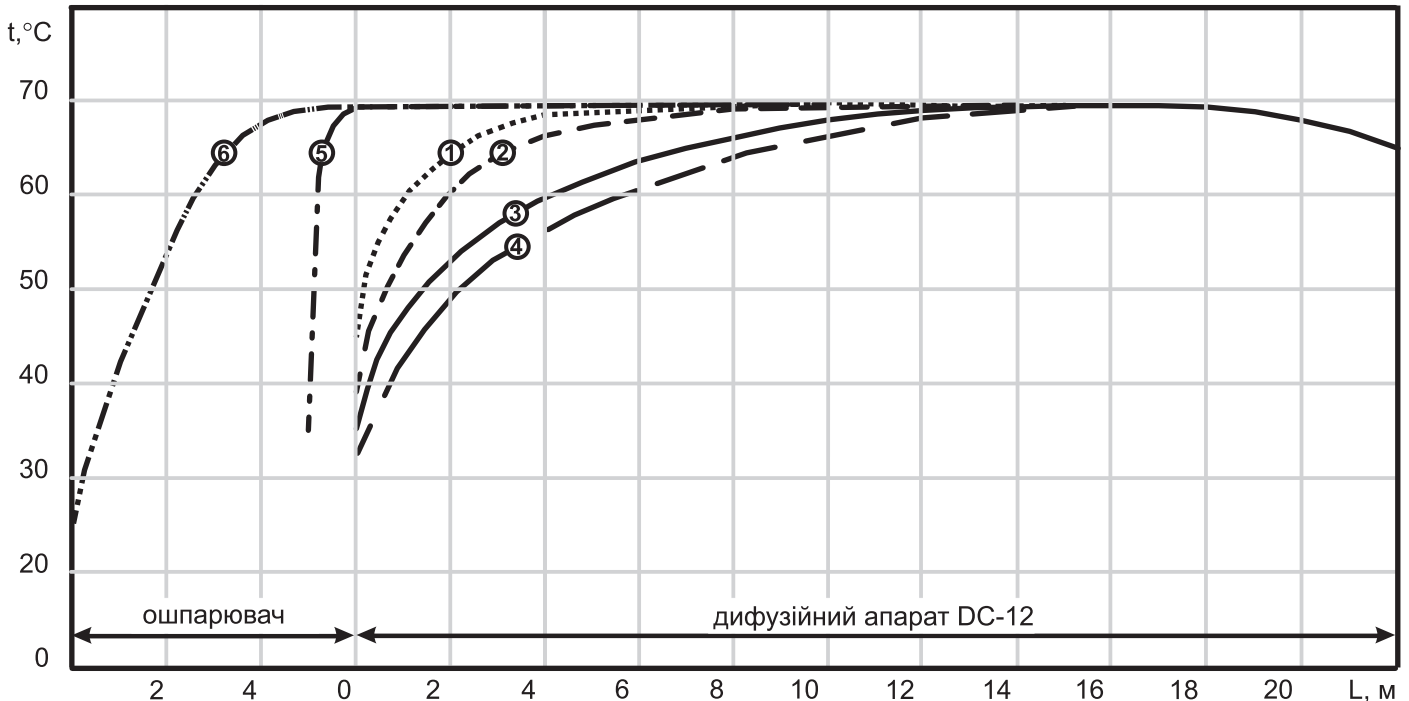


Рис. 4. Температурний режим в ДУ типу DC 12: 1 – продуктивність 2,6 тис. т/добу; 2 – продуктивність 2,8 тис. т/добу; 3 – продуктивність 3,0 тис. т/добу; 4 – продуктивність 3,2 тис. т/добу; 5 – с багатоступінним ошпарювачем зрошувального типу; 6 – с протитечійним ошпарювачем.

позитивних змін процесу екстракції:

- скорочується тривалість нагрівання стружки до температури ошпарювання, відповідно зменшуються втрати цукру від розкладання ферментами та мікроорганізмами (рис. 4., графік 5);
- робочий об'єм установки збільшується на 30-40 %, що дозволяє збільшити продуктивність та знизити відбір дифузійного соку;
- тепло дифузійного соку рекуперується значно більше, різниця температур соку, що відбирається, та стружки, що подається – 10-15 К, при цьому витрати пари на ДУ знижується.

Колонні ДУ, які використовуються на заводах України, мають значний фізичний та моральний знос.

Ошпарювачі марки ОС, що застосовуються, характеризуються низькою ефективністю теплообміну [7]. Однак в даний час впроваджено програму модернізації цих ошпарювачів до рівня кращих зарубіжних аналогів [13]. Модернізація забезпечує:

- стійкий протитечійний теплообмін, при якому температура соку, що відбирається з ДУ, знижується до 25-30°C;
- ретельне перемішування со-

костружкової суміші та видалення з неї усіх газових бульбашок;

- просте регулювання заповнення ошпарювача стружкою.

Для колонного дифузійного апарату головними є два конструктивних параметри: діаметр корпусу та робочий об'єм апарату.

Діаметр корпусу визначає швидкість взаємопротічного руху стружки та соку в апараті, тобто «пропускну спроможність» апарату. Нормалі західноєвропейських фірм [14] для колонних дифузійних апаратів продуктивністю 2-8 тис. т/добу базуються (з відхиленням не більш 2-3 %) на емпіричній залежності:

$$D = \sqrt{A/100}, \quad (7)$$

де: А – продуктивність, тис. т/добу;

D – внутрішній діаметр корпусу колони, м.

Збільшення робочого об'єму пропорційно збільшує тривалість процесу та, відповідно, ступінь вилучення цукру із стружки. Для сучасних колонних апаратів номінальна тривалість процесу складає 100-125 хв.

На наших заводах задіяні колонні апарати трьох серій (табл. 2), для кожної з них із багатьох

концепцій було обрано ту, що панувала на час розробки.

Першою була так звана «уніфікована» серія, де суміжні типорозміри мали однакові діаметри, їх вузли були ідентичні, але в комплект більш потужного апарату входило на одну царгу більше. В подальшому для таких апаратів через недостатню пропускну спроможність норму продуктивності знизили на 200 т/добу.

В другій, «модифікованій», серії діаметр корпусу визначається з залежності (7) та коригується згідно машинобудівних нормалей. Тому для кожного типорозміру пропускну спроможність досить точно відповідає номінальній.

В третій, «експериментальній», серії пропускну спроможність суттєво завищено за рахунок збільшення діаметра на 9 %, та вилучення типорозмірів 1500 та 2500 т/добу.

Колонні ДУ, типи яких було перелічено вище, не відповідають сучасним вимогам енергозбереження через підвищений відбір соку (125-130 %). Це зумовлено малою активною висотою колон, котра в останніх серіях дорівнює 12-12,6 м проти

Основні характеристики колонних дифузійних апаратів

Розробник (рік початку випуску)	Тип	Продуктивність, т/добу	Діаметр корпусу, м	Резерв пропускної спроможності, %	Тривалість процесу, хв.
ВНДЦП (1969)	КДА-15-66	1500	4,0	+6,7	72
	КДА-20-66	2000	4,0	-20	72
	КДА-25-66	2500	5,0	0	70
	КДА-30-66	3000	5,0	-17	70
УкрНДПродмаш (1982)	КД2-А15*	1500	4,0	+7	78
	КД2-А20*	2000	4,6	+6	79
	КД2-А25*	2500	5,0	0	78
	КД2-А30	3000	5,5	+1	79
Фірма «Дифузія» (1990)	ЕКА-2	2000	5,0	+25	92
	ЕКА-3	3000	6,0	+20	85
	Ж4-ПДБ-3	3000	6,0	+20	85

* - в Україні зараз не використовуються

17,5-18,6 м у колон західноєвропейських фірм. Відповідно їх робочий об'єм складає лише 60-74 % від необхідного для роботи з низьким відбором соку ($\leq 110\%$).

У світовій практиці проводиться модернізація колонних ДУ шляхом встановлення додаткових царг, що дозволяє збільшити активну висоту та, відповідно, об'єм на 25-35 % [15].

Модернізація у такий спосіб найбільш перспективна для апаратів серії ЕКА, які мають значний запас пропускної спроможності. Але в цьому разі виникає

необхідність заміни приводів трубовала, тому що наявні не мають відповідного резерву потужності. Також будуть необхідні розрахунки та посилення конструкції транспортно-мішальної системи колони та її фундаментів.

Б. Особливості процесів.

ДУ будь-якого типу характеризується в першу чергу продуктивністю по бурякам (пропускною спроможністю), але ще більш важливо, щоб при цьому втрати цукру у жомі не перевищували 0,27-0,33 % при відборі

дифузійного соку не більше 120 % до маси буряків. З точки зору математичного опису процесу масоперенесення це означає, що відношення кількості цукрози, що вилучається, до середньої відмінності її концентрації у стружці та у соку має бути якомога більшим. Це безрозмірне відношення має назву NTU – число одиниць переносу.

У сучасних ДУ використовують потужні преси, в яких з жому вилучається значна кількість цукрози. Це необхідно відображувати в математичному

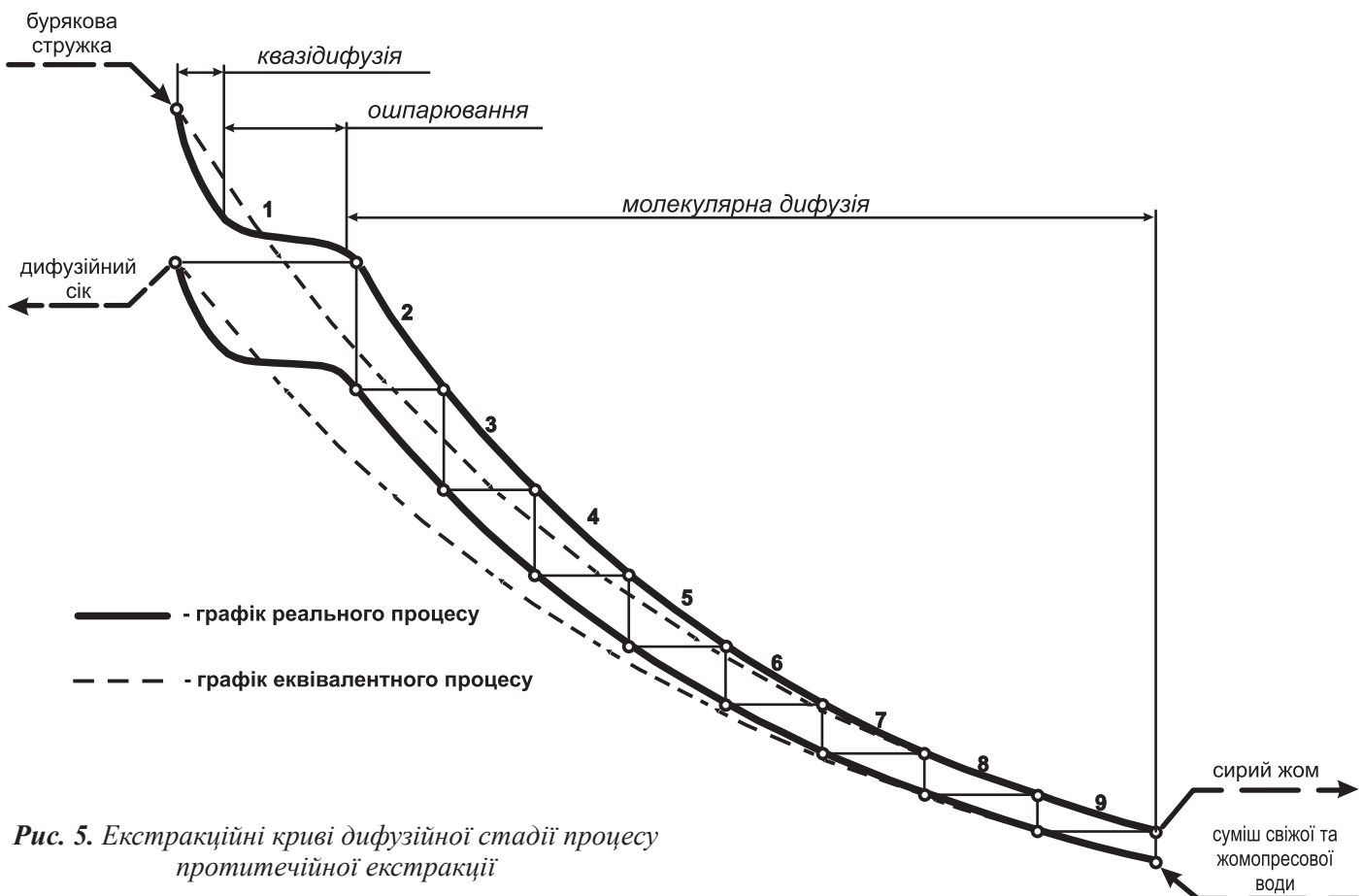


Рис. 5. Екстракційні криві дифузійної стадії процесу протічечийної екстракції

описі процесів. Загальне значення $NTU_{заг}$ для ДУ в цілому, включаючи преси, вираховується по кінцевих технологічних показниках роботи: цукристості стружки та бурякового соку, втратам цукру в жомі [16]. При цьому значення $NTU_{заг}$ є сумою числа одиниць переносу для дифузійної (NTU_d) та пресової ($NTU_{пр}$) стадій. Це додавання відбувається лише при умові, що весь віджатий пресами екстрагент надходить знову у дифузійний апарат.

Для дифузійної стадії величина NTU_d визначається за сахаристістю стружки та дифузійного соку, сахаристістю суміші жомопресової та свіжої води, вмісту цукру у жомі, що вивантажується з дифузійного апарату. Дифузійна стадія складається з трьох періодів (рис. 5), які розрізняються механізмом екстракції цукру зі стружки.

Перший період – квазидифузія, коли частина клітинного соку вилучається конвективними токами рідини із клітин поверхневого шару стружки, які

були механічно зруйновані у процесі різання. Друга частина соку виходить зі стружки скрізь провідні жмути та тріщини під дією тиску, який виникає у буряковій тканині внаслідок розширення при нагріванні рідин та газів, що вміщуються в ній [17]. При високому темпі нагрівання швидкість вилучення цукру у цей період може бути досить високою.

Другий період – «ошпарювання», під час якого стружка нагрівається до температури $\sim 70^\circ\text{C}$. Швидкість нагріву стружки в двошнекових установках менше $0,03 \text{ К/с}$, в протитечійних горизонтальних ошпарювачах до $0,1 \text{ К/с}$, в ошпарювачах зрошувального типу – до 1 К/с . Клітинні оболонки навіть після нагріву денатуруються не відразу. На протязі так званого «індукційного періоду» тривалістю 10-20 хвилин, вилучення цукру із клітин сповільнюється, що відображається на формі екстракційних кривих.

Третій період – «молекулярна дифузія», у ході якого, згідно загальноприйнятим уяв-

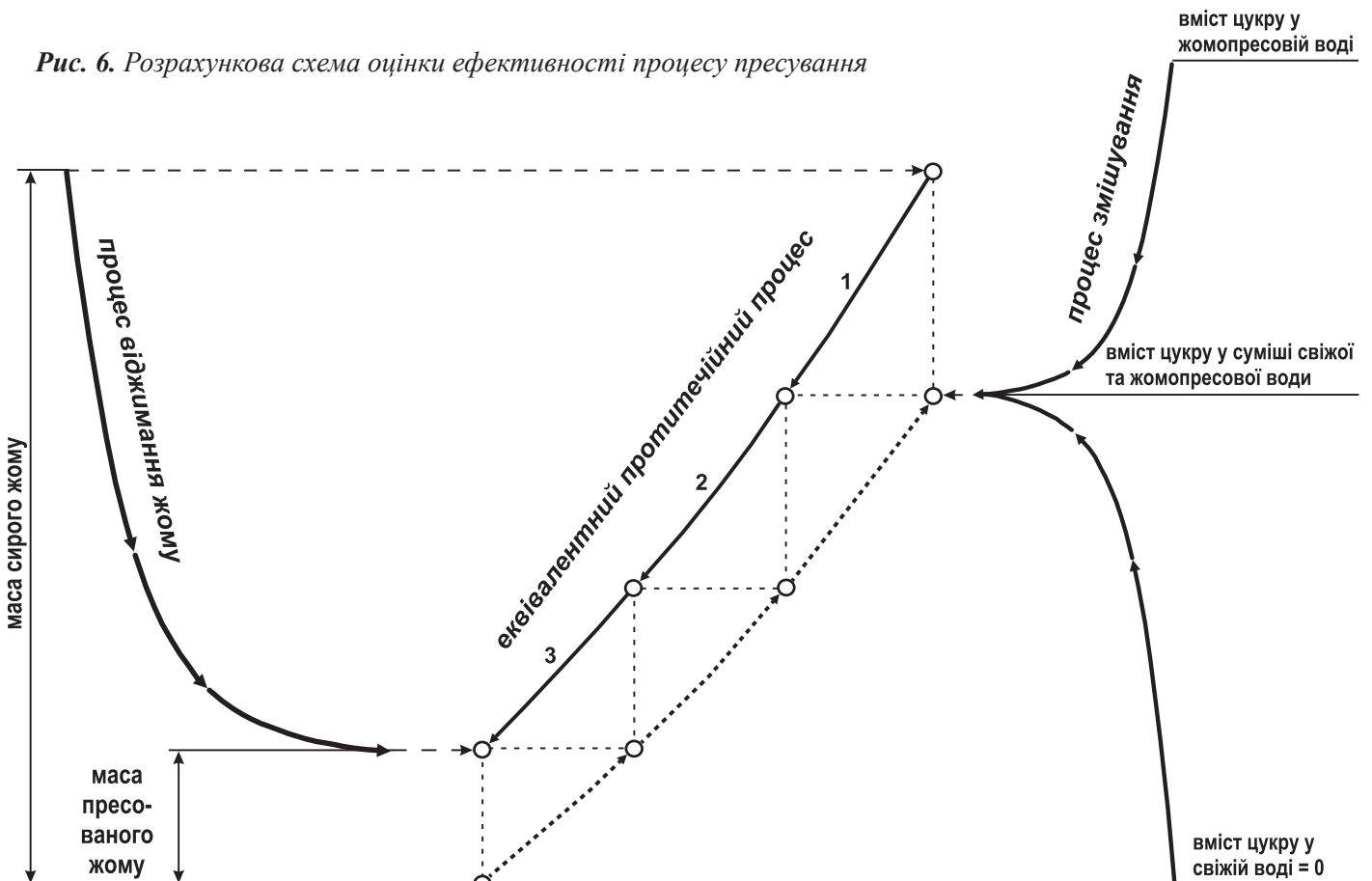
ленням, молекули цукрози дифундують з глибинних шарів стружки до її поверхні і далі у дифузійний сік.

Для поглибленого дослідження параметри процесу можна визначати окремо для кожного періоду. В цьому випадку необхідно здійснювати виміри вмісту цукру у соку і стружці в декількох (зазвичай у 6-12) перерізах по довжині дифузійної установки.

Для загальної оцінки дифузійної установки розглядається один еквівалентний протитечійний процес, без розділення на періоди. При цьому достатньо визначити початковий та кінцевий вміст цукру у рідкій та твердій фазі. Цей варіант застосовується при виробничому контролі.

Для пресової стадії визначаються параметри еквівалентного протитечійного процесу масообміну (рис. 6). У процесі пресування жому концентрація цукру у клітинному соку практично не змінюється, але значно зменшується маса жому. Відповідно зменшуються втрати цу-

Рис. 6. Розрахункова схема оцінки ефективності процесу пресування



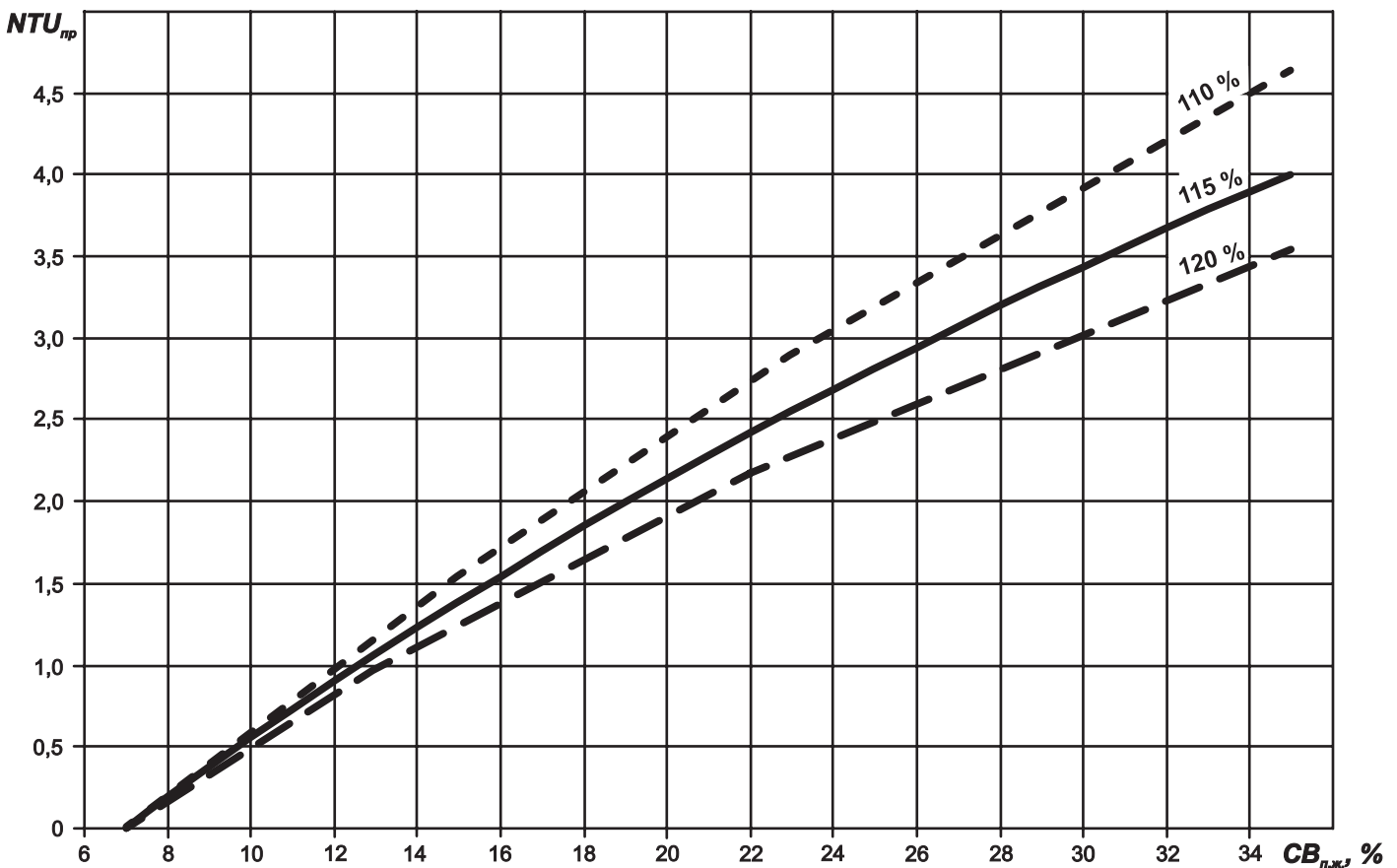


Рис. 7. Залежність числа одиниць переносу пресової стадії від ступеня віджимання жому при різному відборі дифузійного соку

кру в жомі, віднесені до початкової маси стружки. Втрати цукру у сирому та пресованому жомі приймаються як початкові та кінцеві значення концентрації цукру для твердої фази у протічній процесі. Для рідини початкова концентрація дорівнює 0, а кінцева – вмісту цукру у суміші жомопресової та свіжої води, які надходять на живлення ДУ.

За цими чотирма значеннями концентрації розраховуються $NTU_{пр}$ (рис. 7). Результати розрахунку показують, що ефективність пресової стадії збільшується для дифузійних установок, які працюють з меншим відбором дифузійного соку. Це відповідає висновкам, отриманим шляхом математичного моделювання [18], та сучасним тенденціям конструювання дифузійних установок.

Розглянута методика дозволяє окремо оцінювати ефективність апаратів, які входять до складу ДУ. При цьому нівелюється вплив параметрів, різних для кожного заводу: цукристості стружки, відбору дифузійно-

го соку, вмісту цукру та сухих речовин у жомі. На базі цієї методики визначена ефективність наявних ДУ. Розрахунки базувались на даних з різних джерел: нормативно-технічної документації, виробничих звітів, протоколів випробувань, технологічних гарантій фірм-виробників (рис.8).

Вимоги нормативних документів щодо ефективності ДУ, які розроблялись у 1960-1980 р.р., були практично однаковими: $NTU_{заг} = 12-13$ од., яке є сумою $NTU_{д} \approx 11$ та $NTU_{пр} = 1,4-1,7$ од. Останнє відповідало невеликому ступеню віджимання жому ($СВ = 12-16\%$), яке характерно для пресів типу ПСЖН 68, ПВЖ 57, ГН 2, що були у розпорядженні наших заводів.

У виробничих умовах наших цукрових заводів ДУ показували практично однакову ефективність екстракції - 8,4-9,6 од. [19], що на 20-30 % нижче за нормативну. На те були наступні причини:

- на переважній більшості заводів не було задіяно пресову стадію екстракції через побою-

вання, що низька чистота жомопресової води вплине негативно на технологічні показники виробництва;

- жодна ДУ не працювала з номінальною потужністю, при якій ефективність екстракції найбільша, середній коефіцієнт використання потужності склав 0,57-0,79.

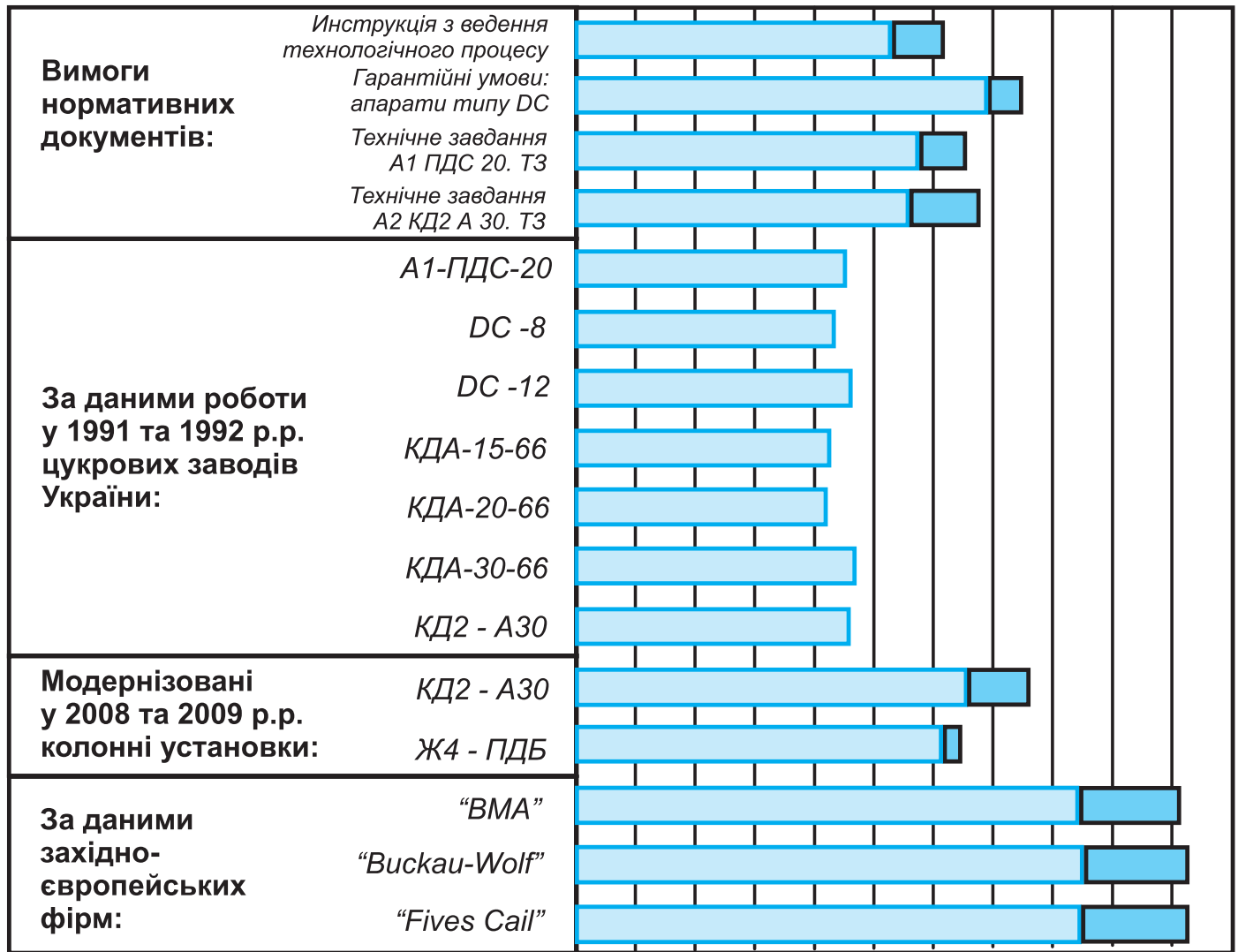
В останні роки багато заводів проводять комплексні роботи з модернізації наявних ДУ та оптимізації технологічного режиму. При цьому ефективність роботи дифузійного апарату підвищується до величини $NTU_{д} = 12-13$ од., тобто досягає нормативної та дещо перевищує її.

Але сучасні вимоги вже набагато вищі, західноєвропейські фірми гарантують для своїх колонних дифузійних установок $NTU_{заг} > 20$ од., $NTU_{д} \approx 17$.

В останні роки на деяких заводах наявні ДУ оснащують пресами для глибокого віджимання жому, переважно горизонтальними двошнековими «Babbini» та «Stord». Такі преси характеризуються двома осно-

Ефективність екстракції, од. переносу

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20



- дифузійна стадія процесу
 - пресова стадія процесу

Рис. 8. Ефективність екстракції у ДУ різних типів

вними параметрами: продуктивністю по бурякам та вмістом сухих речовин у віджатому жомі. Ці параметри взаємопов'язані: при зменшенні продуктивності вміст сухих речовин збільшується і навпаки.

При впровадженні пресів у схему ДУ виникає задача оптимального використання переваг, які надає підвищення ефективності пресової стадії. Рішення цієї задачі отримують шляхом варіювання трьох взаємопов'язаних параметрів:

- приріст продуктивності дифузійної установки;
- зниження втрат цукру у жомі;
- зниження відбору дифузійного соку.

Критерієм оптимізації у даному випадку будуть виробничі витрати у грошовому виразі.

Включення пресової стадії до процесу, тобто повернення усєї жомопресової води, доцільно навіть при невисокому ступені пресування жому – до 13-16 % СР, якій відповідає $NTU_{пр} = 1,0-1,5$ од. При цьому для існуючих ДУ $NTU_{зар}$ буде збільшуватись на 12-18 %.

Проведений аналіз технічних даних ДУ, які працюють на цукрових заводах України, дає підстави для наступних висновків:

- усі 87 дифузійних установок різних типів, що застосовуються, розроблено 20-50 років тому, вони напрацювали 15-35 і більше сезонів;

- більшість ДУ мають номінальну продуктивність 3000 т/добу (59 шт.) і 2000 т/добу (20 шт.);
- є тільки одна ДУ великої одиничної потужності (ротаційна RT5-ETI, 10000 т/сут.);
- фактична продуктивність більшості ДУ нижче номінальної (у середньому на 13 %), сумарний резерв продуктивності, що не використовується - 31 тис. т/добу;
- ДУ типу DC мають резерв підвищення продуктивності на 30 % і більше, але при форсованому режимі знижуються технологічні та теплотехнічні показники процесу;
- для ДУ типу DC – 12 можливо форсування до $K_{вик} = 1,5$, при цьому сумарний резерв підви-

щення продуктивності дорівнює 76,8 тис. т/добу;

- оснащення ДУ типу DC протитечійним ошпарювачем дає можливість підвищити продуктивність з одночасним підвищенням теплотехнічних та технологічних показників;
- для наявних ошпарювачів колонних ДУ розроблено та впроваджено на Черемнівському та Шамраївському цукрових заводах програму модернізації, яка дозволила підвищити їх теплотехнічні показники до рівня зарубіжних аналогів;
- у всіх наявних колонних дифузійних апаратів робочий об'єм недостатній для того, щоб зменшити відбір дифузійного соку згідно сучасних вимог енергозбереження до $\leq 110\%$;
- колонні ДУ останньої серії мають резерв пропускної спроможності, та для підвищення ступеню вилучення цукру на них може бути встановлено додаткові царги (таку модернізацію до даного часу не апробовано);
- оцінку ефективності екстракції цукру з буряків з використанням числа одиниць переносу доцільно визначати для кожної ділянки ДУ: ошпарювача, дифузійного апарату, пресів для віджимання жому;
- запропонована методика визначення ефективності дифузійної та пресової стадій процесу екстракції дозволяє аргументовано вирішувати питання щодо рентабельності впровадження пресів для глибокого віджимання жому;
- розглянуті у статті дані щодо особливостей конструкції розповсюджених типів ДУ та їх впливу на ефективність процесу тепло-масообміну будуть сприяти усвідомленню напрямків вдосконалення конструкцій, визначенню параметрів процесу та режимів експлуатації.

Список використаних джерел

1. Кухар В.Н., Лысюк П.И., Добротворский А.А., Кравчук А.Ф., Чернявская Л.И., Потельчак В.А. Мезга: удаление из

диффузионного сока и использование // Сахар.- 2003.- № 1.- с. 32-34 3. № 4, - с. 14-16.

2. Климчук А.Н., Евич В.П., Гурский В.В., Конопелянский А.Я., Осадчий Л.М., Кульковец Н.В. Опыт оптимизации работы наклонного шнекового диффузионного аппарата DC-12 на сахарном заводе ВАТ АПК «Південний» // Цукор України № 1 2, 2006, с. 27-31.

3. Заяц Ю.А., Крамар В.Г. Внедрение прессов для глубокого отжима жома // Сахар – 2005. - №2. – С. 52-55

4. Заець Ю.А., Осадчий Л.М. Досвід налагодження та дослідження роботи колонної дифузійної установки на Носівському цукровому заводі // Цукор України – 2003. - № 2. – с. 13-15.

5. Куценко В.В., Рудь Н.Н., Хвостішко В.П., Пфлигер А.Я., Гащенко Н.И., Биллак В.Ю., Нехай А.П., Каплуновский С.В., Осадчий Л.М., Кульковец Н.В., Осадчий А.Л. Колонный диффузионный аппарат Ж4-ПДБ-3 с ошпаривателем РЗ-ПОД: оптимальные условия эксплуатации // Сахар – 2009. - № 4. – с. 49-57.

6. Верхола Л.А. Пушанко М.М. Дифузійні установки: етапи розвитку та проблеми вибору // Харчова промисловість – 2008. - № 6. – С. 105-109.

7. Сегай А.М. Исследование процесса тепло-масообмена в типовых промышленных экстракторах свеклосахарного производства с целью создания высокоэффективного экстрактора секционного типа: Автореф. дис...канд. техн. наук: 05.18.12 / Киевский технолог. ин-т. пищев. пром. – К., 1986. -21 с.

8. Емельяненко А.В. Интенсификация тепло-масообмена в двухшнековых экстракторах свеклосахарного производства : Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.18.12/ Киев. технол. ин-т пищ. пром-сти. -К., 1988. -24 с.

9. Олейник И.А., Садык 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.

10. Навроцкий Ю.Б., Липец А.А., Романюк А.Я., Логвинов О.В., Мельниченко Е.М. Тепловая и химическая обработка свекловичной стружки сульфатом алюминия в наклонных двухшнековых аппаратах // Пищевая промышленность. - 1986. - № 3 (129). - С. 25-27.

11. Верхола Л.А., Пушанко М.М. Ошпарювачі зрошувального типу // Харчова промисловість. - 2005. - №4. - С. 165-168.

12. Sobczynski J. Ocena eksploatacji instalacji ekstraktora korytowego współpracującego z zaparzalnikiem w Cukrowni Miejska Gorka // Gazeta Cukrownicza – 2010 – 4 – S. 103-105

13. 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.

14. Straube E. Konstruktion und Arbeitsweise der Extraktionsanlage «Bukkau-Wolf»// Zucker 28 (1975) № 4., 186-191.

15. ВМА Informationen 28/1990 р. 5.

16. Верхола Л.А. Пушанко Н.Н. Критерии оценки эффективности процесса в диффузионных установках // Сахар. 2007. № 5. С. 25 29.

17. Блаженко С.І. Підвищення ефективності процесу сокодобування в цукровому виробництві на основі апаратів секційного типу: Дис...канд. техн. наук: 05.18.12 / Український держ. ун-тет. харчов. технологій. - К., 2002. - 172 с.

18. Дашиев М.И. Теоретические основы технологии сахара. Часть I Технология получения диффузионного сока (современное состояние и перспективы развития). - Краснодар 1997. - 70 с.

19. Верхола Л.А., Заець Ю.О., Блаженко С.І. Робота дифузійної установки та прибуток цукрового заводу // Цукор України. - 1995. № 2. - С. 7-12.

Рецензент: С.М. Василенко, д.т.н., проф.