

ЕФЕКТИВНІСТЬ МОДЕРНІЗАЦІЇ ШНЕКІВ ДИФУЗІЙНИХ АПАРАТІВ СИСТЕМИ DdS і С-17

М. М. ПУШАНКО, В. М. ЛИСЯНСЬКИЙ, О. М. БУЗИКІН,
Київський технологічний інститут харчової промисловості

Остатнім часом на вітчизняних і зарубіжних цукрових заводах поряд з безперервнодіючими дифузійними установками інших систем великого поширення набули апарати системи DdS. Європейський тип цього апарата виконано у вигляді похилого жолоба з двома шнеками. Вали шнеків усередині апарата підтримуються кожний чотирима підшипниками, встановленими на чотирьох горизонтальних балках, які ділять апарат на п'ять зон (рис. 1).

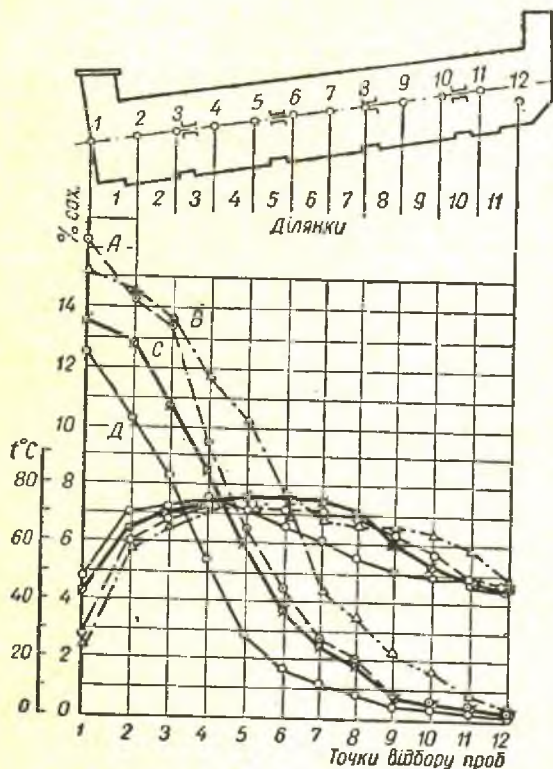


Рис. 1. Екстракційні криві чотирьох дослідів:

А — О — дослід № 3, жовтень 1964 р.
В — Δ — дослід № 19, листопад 1964 р.
С — ∅ — дослід № 4, жовтень 1965 р.
Д — О — дослід № 7, жовтень 1964 р.

У першій і другій зонах, рахуючи знизу, шнеки навіті з чотирьох смуг завширшки 100 мм з концентричним просвітом 170—180—185 мм, а в 3—4—5 зонах — з п'яти смуг тієї самої

ширини. Ширина концентричного просвіту в них становить 120 мм.

На цукрових заводах СРСР, крім апаратів такого типу, працюють апарати С-17 аналогічної конструкції, виготовлювані Болоховським машинобудівним заводом. За час роботи апаратів на наших заводах нагромаджено великий досвід їх експлуатації, запропоновано багато заходів, які поліпшують їх роботу.

У журналі «Сахарная промышленность» № 3 за 1965 р. рекомендувалось як ефективний спосіб модернізації переустаткування шнеків дифузійних апаратів DdS і С-17 по типу Усть-Лабинського цукрового заводу.

Суть цієї модернізації полягає в зменшенні живого перерізу витків шнеків зашиванням концентричних просвітів смугою з мийних сит або встановленням у просвіті додаткових смуг. При цьому вважають, що за рахунок зменшення розсівання стружки й поліпшення транспортувальної здатності шнеків зменшиться час дифундування, а отже, збільшиться продуктивність і поліпшаться якісні показники роботи.

Хоч одержувані від такої модернізації вигоди очевидні, однотайної думки щодо цього серед цукротехніків досі немає. Причина суперечливих висновків, на думку авторів, насамперед у відсутності єдиного критерію для оцінки особливостей конструкцій дифузійних апаратів і вибору оптимальних режимів їх експлуатації, а також неритмічна робота і неточно задані технологічні режими їх роботи.

Між тим, ряд робіт [1, 2] вказують на необхідність вивчення процесу масовіддачі як додаткового фактора при оцінках конструкцій дифузійних апаратів і технологічних режимів їх роботи. У зв'язку з цим становить інтерес визначення впливу модернізації шнеків на ефективність процесу обезцукрування стружки.

У виробничі сезони 1964—1966 рр. автори досліджували процес масовіддачі в апаратах системи DdS, установлених на Золочівському цукровому заводі.

Будову апаратів, технологічні режими роботи та інші особливості їх експлуатації висвітлено в роботах [3, 4]. У виробничий сезон 1964/65 р. апарати працювали з шнеками фірмової по-

ставки. На сезон 1965/66 р. в просвіті між смугами шнеків у всіх зонах апаратів було додатково встановлено смуги перерізом 15×15 мм.

Дослідження інтенсивності масовіддачі по довжині дифузійних апаратів проводили за методикою, розробленою в Київському технологічному інституті харчової промисловості [2]. Дифузійний апарат по довжині було розбито на 12 розрахункових ділянок. По кінцях їх на рівні осі шнеків встановлено крани для відбору проб соку. Поряд з кранами встановлено 12 мідь-константанових термопар з термостатованими холодними спаями. Термопари підключено до точкового автоматичного потенціометра типу КВТ-12, що вимірює температуру сокостружкової суміші в місці відбору проби соку.

Під час проведення дослідів по заняттю екстракційних кривих визначали концентрацію цукру і вміст сухих речовин у нормальному соковій бурякової стружки, вміст цукру й сухих речовин — у жомі, те саме — в пробах соку. Одночасно враховували довжину 100 г стружки, процент браку в ній і її переріз (зняттям відбитків поперечних зрізів).

Вагу стружки, що надходила в апарат, визначали за показами стрічкових ваг, встановлених на транспортері. Швидкість обертання шнеків дифузійних апаратів визначали відліком часу одного оберту вала шнека.

Швидкість переміщення стружки по апарату і коефіцієнти дифузії цукру в буряках при різних температурах визначали за експериментальними даними [5, 6].

Розрахунки для аналітичного визначення коефіцієнта масовіддачі було виконано на ЕОМ «Урал-2» в обчислювальному центрі Інституту автоматики Держплану УРСР.

На рис. 1 показано екстракційні криві, зняті в різний час і при різних режимах роботи дифузійного апарата. У той же час ці криві наближено усереднюють ряд дослідів, які характеризують той або інший режим. Додаткові дані по вибраних кривих наведено в табл. 1. Результати математичної обробки екстракційних кривих, одержаних при різних режимах, показано на рис. 2 у вигляді графіків зміни інтенсивності масовіддачі по довжині дифузійного апарата.

Позначені на рис. 2 криві А, В, С, Д відповідають екстракційним кривим А, В, С, Д на рис. 1 і показують, що кожному технологічному режимові роботи апарата властивий свій

Таблиця 1

Позначення кривої і номер дослідів	Відкачуваність в частках одиниці	Приведений розмір стружки R , $\mu\text{м}$	Питома навантаження, кг/га	% браку в стружці	Швидкість переміщення, м/год	Втрата цукру в жомі до ваги буряків, %
А — 3	1,06	1,88	55	4,5	11,75	0,51
В — 19	1,18	1,93	58	7,0	11,5	0,29
С — 4	1,18	1,82	58,5	9,0	13,3	0,31
Д — 7	1,37	1,97	51	4,1	11,0	0,41

Примітка. Приведений розмір стружки — радіус еквівалентного неособмеженого циліндра, до якого приводять стружку різного профілю. Визначають із співвідношення $R = \sqrt{\frac{F}{\pi}}$, де F — усереднена площа поперечного перерізу стружки.

особливий характер зміни коефіцієнта масовіддачі β . У той же час, незважаючи на істотну різницю факторів, що визначають технологічний режим, помітна спільна для всіх кривих

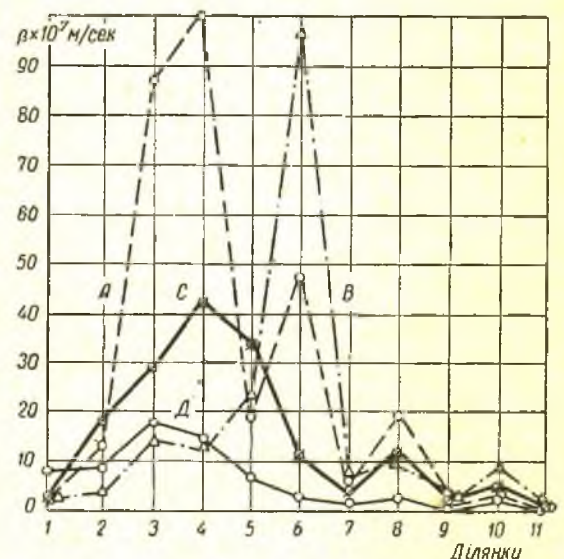


Рис. 2. Зміни коефіцієнта масовіддачі β по довжині апарата при різних технологічних режимах роботи:

А — О — дослід № 3, жовтень 1964 р.
 В — Δ — дослід № 19, листопад 1964 р.
 С — \square — дослід № 4, жовтень 1965 р.
 Д — \circ — дослід № 7, жовтень 1964 р.

тенденція підвищення і пониження коефіцієнта масовіддачі в одних і тих самих місцях. Оскільки різкої зміни дифузійних властивостей стружки і температури сокостружкової суміші на цих ділянках не було, то ясно, що ці осо-

бливості зміни інтенсивності масовіддачі викликаються конструктивними особливостями апарата.

Розглянемо коротко зміну β по довжині дифузійного апарата системи DdS при різних режимах роботи.

Невисокі значення величин коефіцієнта масовіддачі — $0,2 + 35 \times 10^{-7}$ м/сек і плавний характер його зміни (рис. 1, 2, крива Д, табл. 1, дослід 7) вказують на порушення гідродинамічної обстановки процесу. Вони характерні для роботи апаратів з коливанням кількості стружки, що надходить, коли не вдається досягти рівномірного заповнення апарата по всіх зонах. Середнє по апарату питоме навантаження в таких умовах, як правило, становить 50—52 кг/г, а в 3 і 4 зонах воно значно нижче від цієї величини.

Низьке питоме навантаження апарата призводить до того, що стружка не заповнює його поперечного перерізу, залишаючи біля стінок канали клинового перерізу П (рис. 3).

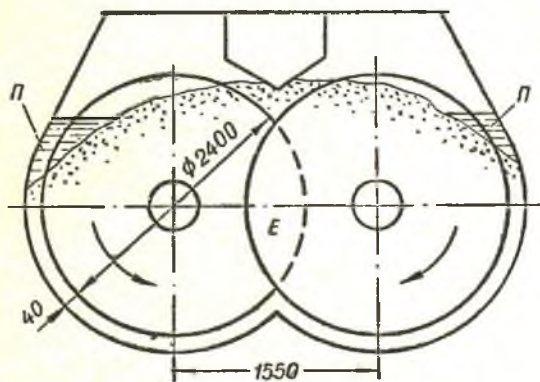


Рис. 3. Розташування стружки в апараті при низьких питомих навантаженнях.

Екстракційна рідина, що надходить в апарат, тече по вільних каналах у головну частину апарата, слабко обмиваючи основну масу стружки в середній частині апарата.

Масовіддача в таких умовах погіршується, процес обезцукрування стружки уповільнюється і втрати цукру в жомі зростають до 0,55—0,75%.

Для зменшення втрат оператори збільшують відкачування до 127—137%. Але збільшення відкачування при малих питомих навантаженнях не дає швидкого зниження втрат, оскільки основна маса рідини як і раніше тече по каналах біля стінок, переповнює нижню час-

тину апарата і знижує транспортувальну спроможність шнеків.

Крива В характерна для режиму роботи апарата з нижчими відкачуваннями 115+118%, більш рівномірним заповненням по зонах при середньому по апарату питомому навантаженні 55+57 кг/г.

Характерною особливістю зміни β в цьому досліді, порівняно з попереднім режимом, є зменшення β на 1-ій ділянці, підвищення його на 3, 5, 6, 8, 10 ділянках до $\beta = 100 \times 10^{-7}$ м/сек і поява помітних відхилень значень β на суміжних ділянках.

Деяке зменшення β на 1-ій ділянці можна пояснити недостатнім заповненням головної частини апарата і перетіканням соку поверх шару стружки в нижній частині. Крім того, температура сокостружкової суміші на 1-ій ділянці в досліді В-19 нижча, ніж у досліді Д-7.

Збільшення значень β на 2-ій ділянці спричиняється підвищеною температурою сокостружкової суміші, значно збільшиться β на ділянці 3, а також на ділянках 5, 6, 8, 10.

Пояснюючи максимум β на 6-ій ділянці, слід відзначити, що в апаратах системи DdS, оснащених немодернізованими шнеками, при температурі понад 75° С транспортуєча спроможність останніх значно знижується. Збільшується провалювання стружки між смугами шнеків, подавання ошпареної стружки з 2-ї в 3-ю зону утруднюється, і перші дві зони починають відігравати роль пробки, що перешкоджає рухові соку.

Підвищені рівні соку в середній зоні на ділянці 6, близьке до оптимального питоме навантаження і висока температура сокостружкової суміші сприяють тому, що в середній зоні значення β досягає максимуму.

На рис. 1, 2 неважко помітити, що всі ділянки, які мають тенденцію до підвищення коефіцієнта масовіддачі при всіх режимах роботи як до, так і після модернізації шнеків, перебувають у місцях переходу стружки з однієї зони в іншу, де підтримуючі вал балки відіграють роль контрлап, а кінці шнеків — роль лопатей.

На ділянках 4, 7, 9, 11, де шнеки не мають розривів і стружка не так енергійно перемішується, інтенсивність масовіддачі знижується до мінімальних значень $\beta = 4 + 12 \cdot 10^{-7}$ м/сек. Така зміна інтенсивності масовіддачі по довжині апаратів системи DdS вказує на те, що прийнятий зараз тип робочого органу — шнек

не є ідеальним пристроєм для переміщення і перемішування стружки. Більш раціональним типом конструкції робочого органа, як показують дослідження, була б конструкція із застосуванням лап і контрлап, або інша, яка забезпечувала б інтенсивне перемішування сокостружкової суміші по всьому апарату.

При роботі дифузійного апарата системи DdS з числом обертів шнеків 0,8 об/хв, середньому питомому навантаженні 55 кг/гел і відкачуванні — 106% (рис. 1, 2, дослід А-3), характер зміни β по довжині апарата залишається подібним до раніше розглянутого в досліді В-19, з тією лише відмінністю, що максимум β перемістився з середньої в головну частину апарата на ділянку 3—4.

Таку зміну викликає насамперед те, що при невеликих відкачуваннях тільки головна частина апарата переповнюється соком. На ділянці активного перемішування 3 і ділянці 4 створюються сприятливі умови для проведення процесу масовіддачі.

У той же час рівень соку в хвостовій частині при низькому питомому навантаженні по апарату 55 кг/гел і малих відкачуваннях — 106%, значно нижче від нормального. Частина стружки виявляється цезануреною в сік і, незважаючи на добру масовіддачу в головній частині, втрати цукру в жомі все ж становлять 0,51% від ваги буряків.

Спад інтенсивності масовіддачі на активній (за даними раніш розглянутих дослідів) 5-й ділянці показує, що вже при навантаженні 55 кг/гел і обертах шнеків 0,8 об/хв середня зона апарата погано заповнена.

При сталому числі обертів вичерпуючого колеса й незмінному куті нахилу сопла на комунікації підведення барометричної води, заповнення хвостової частини апарата майже однакове при близьких режимах роботи. Тому й характер зміни коефіцієнта масовіддачі в хвостовій частині в усіх дослідів лишається подібним.

Особливий інтерес становить дослідження характеру зміни інтенсивності масовіддачі при роботі апарата після модернізації шнеків (крива С, рис. 1, 2) і порівняння його з раніш розглянутим дослідом В-19.

Незважаючи на те, що технологічні режими роботи апарата після модернізації шнеків, усереднені кривою С, майже не відрізняються від режимів, усереднених кривою В, гідродинамічні умови процесу екстракції і характер зміни коефіцієнта масовіддачі по довжині апарата в них зовсім різні.

У дослідів, усереднених кривою С, ділянка плавного зростання інтенсивності масовіддачі до максимального значення $\beta = 40 \cdot 10^{-7}$ м/сек і плавного її падіння розширилась до половини апарата.

Скачкоподібна зміна інтенсивності масовіддачі в перших зонах майже зникла і збереглась тільки в хвостовій частині. Такий характер зміни коефіцієнта масовіддачі β по довжині апарата вказує на те, що гідродинамічна обстановка для проведення процесу екстракції цукру в головній частині апарата після модернізації значно поліпшилась. Втрати цукру при цьому становили 0,31%, хоча відкачування й не перевищувало 118%. Частково цьому сприяло збільшення питомого навантаження з 58 до 58,5 кг/гел, проте слід пам'ятати, що вміст браку в стружці був також високим — 9%.

Поліпшення масовіддачі в головній частині апарата при інших практично однакових умовах роботи вказує на те, що модернізація шнеків сприяє створенню гідродинамічної обстановки, більш сприятливої для проведення процесу екстракції цукру з буряків. Це стало можливим, головним чином тому, що при зашиванні концентричних просвітів зменшується можливість провалу стружки й прориву соку. Крім того, значно поліпшується транспортувальна спроможність шнеків, яка раніше лімітувала верхню межу температури сокостружкової суміші в 1-й і 2-й зонах апарата.

Слід відзначити, що в сезон 1965/66 р. для перших двох зон по рекомендаціях авторів уже у вересні було встановлено температуру 72—76° С. При цьому транспортувальна спроможність шнеків не понижувалась, а кількісні і якісні показники роботи апаратів поліпшились. Співробітники Всесоюзного науково-дослідного інституту цукрової промисловості, які проводили випробування дифузійних апаратів системи DdS на Усть-Лабинському цукровому заводі, встановили, що ступінь розсівання стружки по апарату і час перебування її в апараті до і після модернізації шнеків залишаються практично однаковими.

Високі значення коефіцієнтів масовіддачі, одержані авторами в дослідів, проведених після модернізації шнеків, показують, що виключення провалів стружки і проривів соку при однаковому ступені розсівання збільшує інтенсивність перемішування середніх шарів стружки (ділянка Е, рис. 3) і поліпшує гідродинамічні умови процесу обезцукрування стружки в цій частині апарата.

При роботі апаратів в умовах, які значно відрізняються від оптимальних (відкачування 126—130%, питоме навантаження 53—54 кг/гЛ), вплив модернізації шнеків на інтенсивність масовіддачі позначається не так сильно.

Криві зміни інтенсивності масовіддачі по довжині апаратів у таких випадках є усереднюючими для всіх інших дослідів, знятих до і після модернізації при оптимальних умовах роботи.

Поряд з вивченням впливу конструктивних особливостей апарата на інтенсивність масообміну, становлять інтерес і кількісні залежності зміни середньої величини коефіцієнта масовіддачі від факторів, які характеризують технологічний режим.

На рис. 4 показано залежність коефіцієнта масовіддачі від наведеного розміру стружки R . Із збільшенням R інтенсивність масовіддачі значно збільшується.

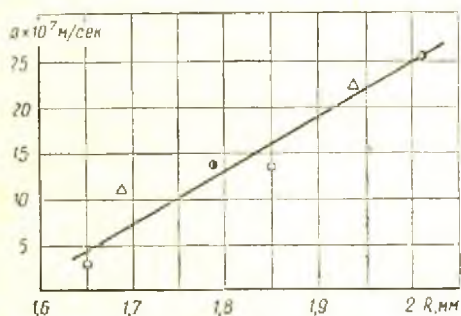


Рис. 4. Графік залежності коефіцієнта масовіддачі від наведеного розміру стружки.

Залежність коефіцієнта β від величини відкачування n і залежність втрат цукру від величин питомого навантаження і відкачування при числі обертів шнеків $0,75+0,9$ об/хв показано на рис. 5.

Крива залежності $\beta=f(n)$ показує, що найкращі гідродинамічні умови для проведення процесу екстракції цукру створюються при відкачуванні $n=150-110\%$ і питомому навантаженні 58 кг/гЛ. Втрати в жомі становлять 0,35—0,4% від ваги буряків. Одночасно робота з підвищеними відкачуваннями — 130—150%, як правило, супроводжується низьким питомим навантаженням 49—51 кг/гЛ і не сприяє збільшенню масовіддачі. Більше того, втрати цукру в жомі залишаються рівними 0,2—0,3% від ваги буряків.

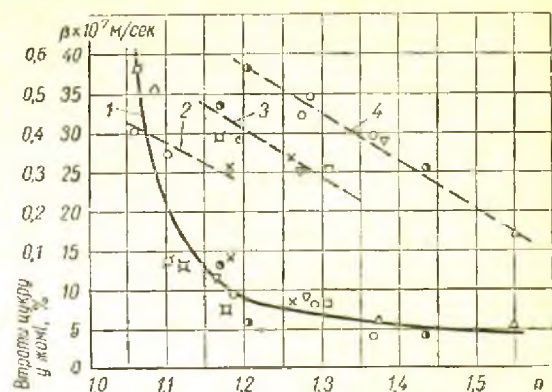


Рис. 5. Графік залежностей коефіцієнта масовіддачі від відкачування і величини втрат цукру від питомого навантаження:

1 — залежність $\beta = f(n)$; 2 — залежність втрат цукру від величини відкачування при питомому навантаженні 58 кг/гЛ; 3 — те саме, при питомому навантаженні 56 кг/гЛ; 4 — те саме, при питомому навантаженні 53 кг/гЛ.

ВИСНОВКИ

1. Аналітичний метод дослідження процесу екстракції цукру з буряків в апаратах системи DdS показав, що коефіцієнти масовіддачі на різних ділянках апарата залежать від його конструктивних особливостей і від технологічного режиму роботи. Отже, за локальними значеннями коефіцієнта масовіддачі в апараті можна судити про раціональність конструкції окремих елементів апарата і про оптимальність режиму роботи.

Так, проведені дослідження показали, що більш раціональним типом пристрою для переміщення і перемішування стружки була б конструкція робочого органу з використанням лап і контрлап замість шнеків.

2. Проведене цим же методом порівняння процесу масовіддачі в апараті до і після модернізації шнеків показало, що масообмін в апараті, особливо в його головній частині, після зменшення живого перерізу витків істотно поліпшився.

3. Встановлено залежності коефіцієнтів масовіддачі від факторів, які визначають технологічний режим роботи (розміру стружки, відкачування, питомого навантаження). Нагромадження подібних даних дасть можливість точніше визначити оптимальні умови роботи апаратів.

4. Аналіз змін середнього по апарату коефіцієнта масовіддачі β при різних технологічних режимах показує (рис. 5), що максимальна інтенсивність масовіддачі спостерігається при роботі апарата з відкачуванням $105+115\%$ і

питомим навантаженням 58,5 кг/га і вище. Втрати цукру в жомі при цьому не перевищують 0,3—0,4% від ваги буряків.

ЛІТЕРАТУРА

1. Коваль Е. Т., Загорулько А. Я. Влияние равномерности работы диффузионных установок на величину коэффициента использования диффузионного потока. Труды ВНИИСП, вып. X, Пищепромиздат, 1964.
2. Лысянский В. М. Определение коэффициента массоотдачи в диффузионном аппарате. «Сахарная промышленность», М., 1960, № 12.
3. Коваль Е. Т., Загорулько А. Я., Липец А. А.,

Щеголев В. Н. Испытание двухшнекового непрерывнодействующего диффузионного аппарата DdS на Усть-Лабинском сахарном заводе. Труды ЦИНС, вып. VIII, Пищепромиздат, 1960.

4. Прилуцкий И. И. Исследование работы двухшнекового диффузионного аппарата наклонного типа, «Сахарная промышленность», М., 1962, № 9.
5. Бурый А. К. Определение времени и температуры диффузионного процесса в диффузионных установках непрерывного действия. «Сахарная промышленность», М., 1963, № 8.
6. Лысянский В. М. Зависимость коэффициента диффузии от температуры. «Сахарная промышленность», М., 1964, № 5.

