Харчова
ПРОМИСЛОВІСТЬ

1

КИЇВ
1967

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Головний редактор О. М. СИНГАЄВСЬКИЙ
Члени редколегії: М. І. Бризгін, М. О. Буренков, Є. М. Головенцов, Є. В. Гордон, С. М. Данилець, М. І. Даниляк (заст. головного редактора), **В. О. Дацько, В. Д. Дудко, Г. А. Жданович, Г. П. Жеребкін, Г. І. Козловський, А. Й. Корчинський, О. І. Кравченко, І. С. Крижанівський, О. М. Кузнецов, О. О. Лесюїс, П. М. Лисогор, Є. В. Литвинов, Є. С. Меншутін, В. С. Мурін, О. М. Пешкова, П. Т. Прокопенко, І. Є. Процак, Д. І. Редько, П. В. Рудницький, І. І. Резнік, В. А. Соколов, П. Т. Сулименко, В. Р. Фірисюк, Д. Я. Фролов, Г. М. Халамейда, М. В. Хейзе, В. В. Юхименко** (заст. головного редактора), **М. Ф. Яременко.**

В НОМЕРІ

ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

(на украинском языке)

научно-производственный сборник № 1

январь-февраль

орган Министерства пищевой промышленности УССР, Министерства мясной и молочной промышленности УССР,

Украинского научно-технического общества пищевой промышленности

Редактор М. О. Темченко
Художньо-технічний редактор В. О. Жуков
Коректор Г. Л. Махонько

Адреса редакції: Київ-1, Ново-Пушкінська, 1, тел. Б-9-94-610.

БФ 04006. Здано до набору 29/XI-1966 р. Підписано до друку 12/I-1967 р. Формат паперу 84×108 1/16. Обсяг: фізичн. друк. арк. 4, умовн. друк. арк. 6,72, обліково-видавн. арк. 7,2. Зам. 2528. Тираж 2250. Ціна 50 коп.

Київська книжкова друкарня № 6. Київ, Виборзька, 84.

ЗМІСТ

Стор.

Економічна реформа в дії 1
Як треба працювати 4

Механізація і автоматизація

Л. М. Макаревич. Автоматичний клапан для керування потоками рідких харчових продуктів 5
В. І. Грубов, І. Ф. Малежик. Математичне и цифрове моделювання процесу брагоректифікації етилового спирту 7

Виробництво і експлуатація

В. М. Латишев. Удосконалення доливання шампанських виноматеріалів і столових вин 11
Б. О. Філіппов. Інтенсифікація процесів виробництва Радянського шампанського 13
К. К. Алмаші. Про обробку вин вуглекислим кальцієм 16
С. І. Кликов. Заклеювання леденцевої карамелі «Спорт» у тюбиках 17
С. Д. Рабінович. Медові напої 17
Ш. Б. Горінштейн. Фільтраційна маса в пивоварній промисловості 20
І. Г. Богдан. Лабораторний контроль якості трепелу і приготовленого з нього фільтраційного порошку . . . 21
Ф. О. Штунь. Вплив захворювання великої рогатої худоби гельмінтозами на вихід продуктів забою та їх якісні показники 24
Т. І. Мішина. Застосування синтетичних матеріалів у м'ясній промисловості 26
О. І. Фадєєв, Ш. М. Розенвассер. Досвід застосування колони УНК-1 при добуванні трояндового масла . . 27
Є. І. Требушенко. Передумови тривалого зберігання плодів яблуні і груші 31

Винаходи і удосконалення

М. І. Моянський, Я. А. Луарсабов. Механізація процесу розчинення цукру 34
С. І. Кликов. Модернізація карамелезагортального автомата АЗК-300 35

Нові розробки

О. В. Мільський, А. Я. Гайдукович, С. В. Шелестова. Прискорений метод визначення вмісту жиру в тісті для виготовлення булочних і борошняних кондитерських виробів 36
А. М. Головін. Дослідження процесу переробки покривного сала кашалота вакуумним способом 38
В. І. Нілов, С. Т. Огородник. Дія перекису водню на амінокислоти 40
Сувеніри до знаменної дати 44

Економіка і організація виробництва

Т. М. Вериженко. Питання цін у виробництві спиртового оцту і харчової оцтової кислоти 45
Н. В. Воінова. Впровадження у пивоварне виробництво незмивних етикеток та їх економічна ефективність . . 46
М. І. Водовський, А. П. Ісаєв, А. І. Пастушенко. Якість тютюнової сировини і рентабельність тютюнництва . 48
К. А. Іванов. Динаміка рентабельності м'ясної промисловості та її взаємозв'язок з іншими показниками . . 50

Інформація

Ф. И. Зайцев. Економічна ефективність науково-технічної інформації 53
Н. М. Білоусова. Що треба знати про ящур . . . 54
Республіканський семінар працівників ремонтних підприємств і управлінь 56
Республіканський семінар працівників пиво-безалкогольної промисловості 57
Огляд якості молочної продукції 58
Семінар працівників спиртової промисловості України 59

Зарубіжна інформація

Нові види кондитерських виробів 60
Упаковка і пакувальні матеріали 60
Вібраційна яйцерозбивочна машина 61
Установка для виробництва льоду 61

Тематичний план збірника «Харчова промисловість» на 1967 р. 62

Читацька конференція збірника «Харчова промисловість» 63
Нові книги 64

УДК 663.55.001.57

МАТЕМАТИЧНЕ І ЦИФРОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ БРАГОРЕКТИФІКАЦІЇ ЕТИЛОВОГО СПИРТУ

В. І. Грубов, Обчислювальний центр Київського державного університету ім. Т. Г. Шевченка,
І. Ф. Малежик, Київський технологічний інститут харчової промисловості.

У дальшому розвитку народного господарства великого значення набуває підвищення ефективності діючих технологічних процесів, яке дає можливість без додаткової реконструкції устаткування і розширення виробництва збільшити вихід готової продукції, покращити її якість, знизити собівартість і т. ін. Важливу роль при цьому повинні відіграти математичні методи і електронна обчислювальна техніка.

У виробництві етилового спирту подібні роботи із застосуванням обчислювальної техніки починають тільки розгортатися. Проте перспективи підвищення ефективності роботи діючих брагоректифікаційних апаратів з використанням цих методів на спиртових заводах значні. Це підтверджується хоча б тим, що витрата пари на вироблення 1 *дал* а. а. при однаковій якості спирту по однотипних апаратах на різних заводах змінюється зараз у досить широкому діапазоні.

Класифікація параметрів. Спрощену технологічну схему брагоректифікаційного апарата наведено на рис. 1. Згідно з цією схе-

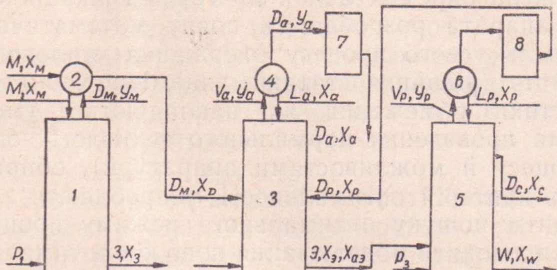

Рис. 1. Технологічна схема брагоректифікаційного апарата:

1 — бражна колона; *2* — бражний дефлегматор; *3* — епюраційна колона; *4* — епюраційний дефлегматор; *5* — ректифікаційна колона; *6* — ректифікаційний дефлегматор; *7* — епюраційний конденсатор; *8* — ректифікаційний конденсатор.

мою, всі параметри апарата можна поділити на

а) вхідні регульовані параметри:

M — витрата бражки, *кг/год*;

P_1 — витрата пари на бражну колону, *кг/год*;

P_2 — витрата пари на епюраційну колону, *кг/год*;

P_3 — витрата пари на ректифікаційну колону, *кг/год*;

W — швидкість води в трубках дефлегматора, *м/сек*;

q — напруга поверхні теплопередачі, *ккал/м² · год*;

$t_в^к$ — кінцева температура охолоджуючої води, ° С;

(залежний від W регульований параметр);

б) вхідні нерегульовані параметри:

$x_м$ — концентрація спирту в бражці, % мас.;

$x_ф^м$ — середня концентрація спирту у флегмі, % мас.;

$V_п^{сер}$ — середня швидкість пари в міжтрубному просторі теплообмінників, *м/сек*;

в) вихідні параметри, які перевіряють на обмеження:

$D_а$ — кількість ефіроальдегідної фракції, *кг/год*;

$$D_а \leqslant \frac{D_с}{100} \cdot 2{,}5, \tag{1}$$

де $D_с$ — кількість спирту вищої очистки, *кг/год*.

$D_р$ — кількість непастеризованого спирту, *кг/год*;

$$D_р \leqslant \frac{D_с}{100} \cdot 3, \tag{2}$$

$D_с$ — кількість готової продукції, *кг/год*.

$x_с$ — концентрація спирту в готовій продукції, % мас.;

$$x_с \geqslant 94{,}13, \tag{3}$$

x_w — концентрація спирту в лютері, % мас.;

$$x_w \leqslant 0{,}012\% \text{ мас.}, \tag{4}$$

$x_з$ — концентрація спирту в барді, % мас.;

$$x_з \leqslant 0{,}012\% \text{ мас.}, \tag{5}$$

г) вихідні параметри, які не перевіряють на обмеження:

З — кількість барди, *кг/год*;

W — кількість лютера, *кг/год*;

д) проміжні вихідні параметри, які перевіряють на обмеження:

$x_д$ — концентрація спирту в бражному дистиляті, % мас.;

$$50 > x_д > 30; \qquad (6)$$

x_{ae} — концентрація альдегідів у епюраті, % мас.;

$$x_{ae} < 0{,}0004; \qquad (7)$$

x_e — концентрація спирту в епюраті, % мас.;

$$x_e > 30; \qquad (8)$$

$к$ — коефіцієнт теплопередачі дефлегматора (в процесі оптимізації шукається його максимум), *вт/м²·град.*

Методика проведення робіт. При проведенні робіт по оптимізації брагоректифікаційного апарата застосовано таку методику.

Весь апарат розчленовують на ланки, що мають деяку технологічну автономію. Такими основними ланками є: бражна колона, епюраційна колона, ректифікаційна колона, бражний дефлегматор, епюраційний і ректифікаційний дефлагматори.

Кожну ланку досліджують з використанням математичних методів і електронних цифрових обчислювальних машин у такій послідовності:

1. *На діючому об'єкті* (промислові або напівпромислові установки) *провадиться збір інформації шляхом проведення реєстраційних експериментів.* Провадять класифікацію параметрів, які характеризують процес у об'єкті, встановлюють орієнтовні якісні зв'язки між параметрами об'єкту, вибирають критерії оптимальності, формулюють завдання оптимізації, встановлюють технологічні обмеження, організують збір інформації на реальному об'єкті, досліджують характер зміни параметрів у часі, проводять статистичний аналіз інформації.

2. *Розроблення математичної моделі процесу з використанням статистичних методів і ЕЦОМ.* Провадять вибір методики обробки даних натурних досліджень об'єкта, одержані дослідні характеристики перевіряють на реальних даних експлуатації об'єкта, складають повну математичну модель процесу.

3. *Моделювання на ЕЦОМ пошуків оптимальних режимів роботи об'єкта.* Проводять аналіз критеріїв оптимальності процесу, залежності процесів досліджують на існування екстремума, розробляють алгоритм пошуків оптимальних режимів роботи об'єкта, проводять моделювання на ЕЦОМ пошуків оптимальних режимів роботи досліджуваного об'єкта.

4. *Постановка дослідів керування реальними промисловими об'єктами.* Формулюють мету і завдання досліду, обирають спосіб проведення його (за рекомендаціями, одержаними попереднім моделюванням алгоритмів на ЕЦОМ в обчислювальному центрі; проведення досліду на відстані по телефонних і телеграфних лініях зв'язку з обчислювального центру; проведення досліду з допомогою мобільної керуючої машини; проведення досліду з допомогою керуючої машини, встановленої безпосередньо на об'єкті), проводять дослід, аналізують результати, дають рекомендації виробництву відносно доцільності установки на об'єкті постійно діючої керуючої машини, оптимізатора, блоку динамічної пам'яті, або застосування таблиць оптимальних рекомендацій.

Після проведення досліджень за описаною методикою кожної з зазначених ланок роблять висновки щодо наявності резервів підвищення ефективності роботи апаратів, перспектив і шляхів оптимізації процесів.

Потім на основі аналізу результатів досліджень окремих ланок брагоректифікаційного апарата розробляють повну математичну модель усього процесу одержання етилового спирту (рівняння статики, динамічні характеристики, обмеження, які накладаються умовами проведення нормального технологічного процесу й можливостями апаратури), обирають критерій оптимальності, розробляють алгоритм пошуку оптимального режиму процесу, проводять моделювання пошуків оптимальних режимів роботи брагоректифікаційного апарата і т. ін.

Повна математична модель статики процесу брагоректифікації етилового спирту. До повної математичної моделі входять рівняння статичних характеристик ланок процесу, обмеження, які накладаються умовами проведення нормального технологічного процесу і можливостями апаратури.

Модель у загальному вигляді можна подати так:

Для колон

$$x_з = f_1 (P_1, M, t_м, x_м); \qquad (9)$$

$$x_{ae} = f_2 (P_2, D_м, x_д, D_а); \qquad (10)$$

$$x_W = f_3 (P_3,\ e,\ x_e); \quad (11)$$

$$x_c = f_4 (P_3,\ e,\ x_e); \quad (12)$$

$$Пр = f_5 (M,\ x_м) \quad (13)$$

$$x_3 \leqslant 0{,}012; \quad (14)$$

$$x_W \leqslant 0{,}012; \quad (15)$$

$$x_{ae} \leqslant 0{,}0004; \quad (16)$$

$$x_c \geqslant 94{,}13; \quad (17)$$

$$Пр \geqslant Пр\ зад. \quad (18)$$

Для дефлегматорів

$$t_в^к = f_7 (w,\ t_в^п,\ q,\ x_ф^м); \quad (19)$$

$$\Delta P = f_8 (W,\ t_в^п,\ t_в^к); \quad (20)$$

$$\alpha_1 = f_9 (q,\ x_ф^м,\ V_{п\ ср},\ t_в^п,\ t_в^к); \quad (21)$$

$$\alpha_2 = f_{10} (W,\ q,\ t_в^п,\ t_в^к); \quad (22)$$

$$k = f_{11} (\alpha_1,\ \alpha_2); \quad (23)$$

$$\Delta P \leqslant \Delta P_{доп.}, \quad (24)$$

де Пр — продуктивність апарата за абсолютним алкоголем, *дал/добу*;

$t_в^п$ — початкова температура води в дефлегматорі, °С;

Δp — гідравлічний опір дефлегматора, *атн*;

α_1 — коефіцієнт тепловіддачі від пари до стінки, *вт/м² · град*;

α_2 — коефіцієнт тепловіддачі від стінки до води, *вт/м² · град*;

е — кількість епюрату, *кг/год*.

Алгоритм пошуку оптимальних режимів роботи брагоректифікаційного апарата. На першому етапі досліджень за критерій оптимальності приймають мінімум витрати пари на одержання 1 *дал* а. а.

Завдання оптимізації всього брагоректифікаційного апарата формулюється так: при заданих параметрах сировини привести до мінімуму витрату пари на перегонку при дотриманні обмежень на проведення нормального технологічного процесу і можливості апаратури при продуктивності апарата не нижче заданої, а також при умові дотримання вимог до якості спирту-ректифікату за ГОСТом.

Алгоритм оптимізації апарата складається з двох частин. У першій частині проводиться оптимізація бражної, епюраційної і ректифікаційної колон за мінімумом витрати пари; в другій частині — підпорядкована оптимізація бражного, епюраційного і ректифікаційного дефлегматорів за максимумом коефіцієнта теплопередачі.

Оптимізація на об'єкті здійснюється так. Для заданої комбінації вхідних нерегульованих параметрів апарата способом перебору відшукують таку комбінацію вхідних регульованих параметрів, яка забезпечує мінімальну величину витрати пари P при дотриманні технологічних обмежень.

Потім проводять оптимізацію дефлегматорів. Для цього за обчисленими при оптимізації колон параметрами визначають теплове навантаження на дефлегматор за формулами:

$$q_б = f (D_м,\ y_м,\ S_б) \quad (25)$$

$$q_e = f (V_a,\ y_a,\ S_e); \quad (26)$$

$$q_p = f (V_p,\ y_p,\ S_p); \quad (27)$$

де $q_б$, q_e, q_p — відповідно теплові навантаження дефлегматорів бражної, епюраційної і ректифікаційної колон, *вт/м²*;

$S_б$, S_e, S_p — поверхні теплопередачі дефлегматорів, *м²*;

$D_м$ — кількість водно-спиртової пари, що надходить у дефлегматор бражної колони, *кг/год*;

$y_м$ — концентрація спирту у водно-спиртовій парі, що надходить у дефлегматор бражної колони, % мас.;

V_a — кількість водно-спиртової пари, що надходить у дефлегматор епюраційної колони, *кг/год*;

y_a — концентрація спирту у водно-спиртовій парі, що надходить у дефлегматор епюраційної колони, % мас.;

V_p — кількість водно-спиртової пари, що надходить у дефлегматор ректифікаційної колони, *кг/год*;

y_p — концентрація спирту у водно-спиртовій парі, що надходить у дефлегматор ректифікаційної колони, % мас.

Потім при обчислених q провадиться перебір величин та розрахунок параметрів дефлегматора $t_в^к$, Δp, α_1, α_2 і k.

При цьому обирають варіант параметрів, який забезпечує максимальну величину k при дотриманні обмеження за ΔP.

При моделюванні ж на ЕЦОМ пошуків оптимальних режимів роботи брагоректифікаційного апарата провадять перебір значень

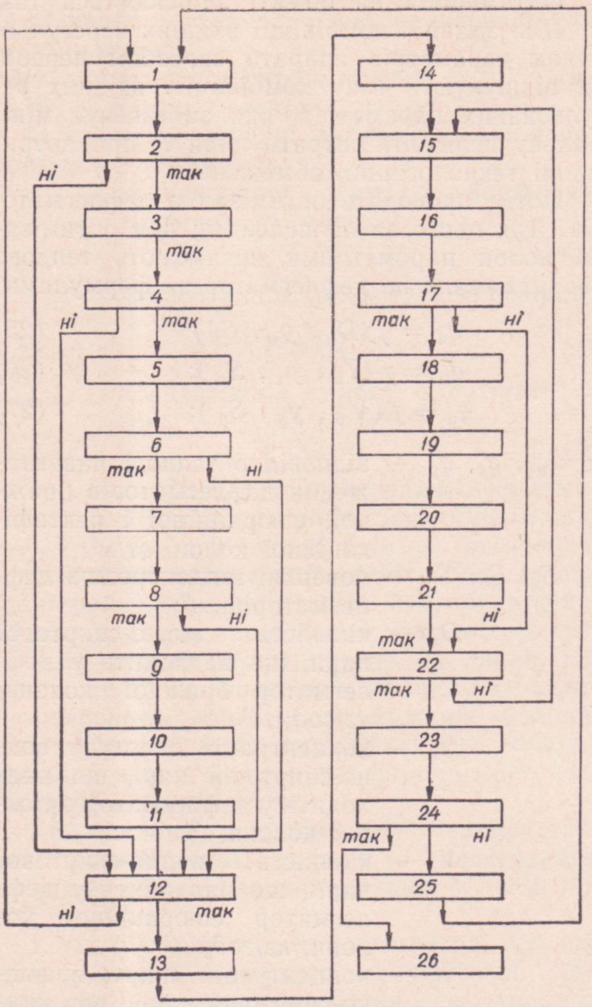

Рис. 2. Блок-схема алгоритму моделювання пошуків оптимальних режимів роботи брагоректифікаційного апарата:
1 — розрахунок x_3; *2* — перевірка на обмеження x_3; *3* — розрахунок x_{ae}; *4* — перевірка на обмеження x_{ae}; *5* — розрахунок x_W; *6* — перевірка на обмеження x_W; *7* — розрахунок x_c; *8* — перевірка на обмеження x_c; *9* — розрахунок $П_р$; *10* — перевірка на обмеження $П_р$; *11* — вибір мінімального значення P; *12* — перебір регульованих параметрів; *13* — друкування оптимального варіанта регульованих параметрів і відповідного їм P; *14* — розрахунок q; *15* — розрахунок $t_в^к$; *16* — розрахунок ΔP; *17* — перевірка на обмеження ΔP; *18* — розрахунок α_1; *19* — розрахунок α_2; *20* — розрахунок k; *21* — вибір максимального k; *22* — перебір W; *23* — друкування максимального K; *24* — перебір вхідних нерегульованих параметрів; *25* — відновлення початкових значень регульованих параметрів; *26* — зупинка.

нерегульованих вхідних параметрів і для кожної комбінації їх проводять описані вище операції. На рис. 2 зображено блок-схему машинного алгоритму моделювання пошуків оптимальних режимів роботи апарата.

Результати моделювання зводять у таблицю, за якою проводять досліди оптимізації діючого апарата.

Динамічні характеристики брагоректифікаційного апарата при використанні описаної методики моделювання процесу враховуються при обробці експериментальних даних (зміщують дані перед статистичною обробкою їх), а також при внесенні в процес коректив (періодичність внесення коректив має бути узгоджена з часом транспортних спізнень і перехідних процесів у апараті).

Характеристики динаміки можуть бути визначені або за способом нанесення збурень, або за даними нормальної експлуатації (способом обчислення авто- і взаємнокореляційних функцій).

Висновки

1. Брагоректифікаційний апарат спиртового виробництва вивчений, як об'єкт оптимізації.

2. Запропоновано методику попередніх досліджень елементів апарата з використанням математичних методів і електронних цифрових обчислювальних машин.

3. Розроблено математичну модель статики процесу і алгоритм керування брагоректифікаційним апаратом.

ДО ВІДОМА АВТОРІВ

Редакційна колегія науково-виробничого збірника «Харчова промисловість» просить авторів статей дотримуватись такого порядку оформлення й подачі в редакцію рукописів.

1. Рукописи подавати в двох примірниках, надрукованих на машинці з одного боку через два інтервали. Розмір рукопису 8—15 стор. машинописного тексту. Усі сторінки рукопису, включаючи основний текст, таблиці, літературу і підтекстовки, нумерувати наскрізною нумерацією. До рукопису додати коротку анотацію статті.

Таблиці друкувати кожну на окремій сторінці з посиланням на них у тексті. У верхній частині стовпців таблиць вказати назви величин і їх розмірність. У кінці рукопису неодмінно вказати повністю прізвище, ім'я, по батькові, вчений ступінь, звання автора, місце роботи, номер телефону і домашню адресу.

2. Хімічні і математичні формули чітко писати чорнилом від руки. Буквені позначення величин писати так, щоб видно було різницю між великими й малими буквами, між надрядковими і підрядковими позначеннями.

3. Графіки розмірами 9×12 або 18×24 *см* в одному примірнику і фотознімки в двох примірниках подавати пронумерованими в конверті; на полях рукопису вказати місце рисунка, а в тексті дати на нього посилання. Треба дотримуватись умовних стандартних позначень деталей на кресленнях. На звороті кожного рисунка вказати прізвище автора, назву статті, номер рисунка. Якщо на графіку є дві або більше кривих, то їх необхідно позначити цифрами, значення яких пояснити в підпису до графіка. Позначення або порядкові номери на рисунках повинні точно відповідати позначенням або порядковим номерам у тексті рукопису. Підписи до графіків і фотознімків виконувати на окремій сторінці.

4. Кожне літературне посилання позначити своїм порядковим номером, а в кінці статті дати перелік усіх посилань в порядку згадування в тексті.

Літературу оформляти так: прізвище й ініціали автора (крапка); назва статті (крапка); назва книги або журналу (крапка); місце видання (кома); видавництво (кома); рік видання (кома); номер журналу. Іноземні прізвища давати в тексті в російській, а в переліку літератури — в іноземній транскрипції.

Матеріали, опубліковані в інших друкованих органах, до видання не приймаються.