

РЕФЕРАТ

магістерської роботи на тему:

Дослідження роботи тарілок провального типу з граничним значенням вільного перерізу

Листів – 74, ілюстрацій – 15, таблиць – 15, посилань – 5.

Об'єктом дослідження є тарілка провального типу з граничним значенням вільного перерізу.

Метою представленої роботи є дослідження середнього газовмісту на тарілках провального типу різного вільного перерізу в залежності від навантажень по газу та рідині. Необхідно з'ясувати залежність величини середнього газовмісту від ефективності роботи тарілок провального типу.

У процесі роботи проведений аналітичний огляд, виконана експериментальна частина, оброблені результати експериментів, розроблені заходи з охорони праці, зроблені необхідні висновки.

Ключові слова: Газовміст, колона, тарілка провального типу, газорідинний шар, швидкість газу та рідини, гідродинамічний режим, гідравлічний опір, вільний переріз.

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень	4
Вступ	5
1. Аналітичний огляд	6
1.1. Гідравлічні характеристики тарілок провального типу: газовміст, висота газорідного шару, гідравлічний опір	6
2. Опис експериментальної установки	30
3. Експериментальні дослідження	31
3.1. Методика проведення експериментів	31
3.2. Обробка експериментальних даних	31
4. Техніка безпеки при роботі в лабораторії	69
Висновки	73
Література	74

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

H – висота газорідинного шару, м;

h_0 – висота вихідного шару рідини, м;

$h_{ст}$ – висота статичного стовпа рідини, мм;

$\rho_{ж}$ – густина рідини, кг/м³;

$\rho_{г}$ – густина газу, кг/м³;

$\rho_{п}$ – густина піни, кг/м³;

ΔP – гідравлічний опір тарілки, кг/м²;

$\Delta P_{сух.}$ – гідравлічний опір сухої тарілки, кг/м²;

$\Delta P_{сл}$ – гідравлічний опір піни, кг/м²;

L – щільність зрошення, м³/(м²/год.);

$w_{г}$ – швидкість газу, м/с;

ϕ – середній газовміст;

f – вільні переріз тарілки, %.

ВСТУП

Тарілки провального типу достатньо широко використовуються в хімічній та споріднених з нею галузях промисловості.

Тарілки провального типу відрізняються простотою конструкції оскільки не мають переливних пристроїв, легкістю монтажу, огляду й ремонту. Гідравлічний опір цих тарілок невеликий. Провальні тарілки стійко працюють у досить широкому інтервалі швидкостей газу, причому в певному діапазоні навантажень по газу й рідині ці тарілки мають високу ефективність. При дуже малих швидкостях газу рідина повністю протікає через отвори. З підвищенням швидкості газу рідина починає затримуватися на тарілці, і газ барботує через рідину. Барботаж на провальних тарілках відбувається нерівномірно: через частину отворів рухається газ, а через інші отвори протікає рідина; при цьому газ і рідина поперемінно проходять через ті самі отвори.

Тарілки провального типу працюють в достатньо вузькому діапазоні ефективної роботи тарілок. Тому дослідження діапазону ефективної роботи тарілок провального типу є актуальною задачею. Діапазон ефективної роботи тарілок провального типу характеризується величиною середнього газовмісту газорідинного шару на тарілках. Важливо виявити залежність величину середнього газорідинного шару від величині вільного перерізу тарілок провального типу.

1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

1.1. Гідравлічні характеристики тарілок провального типу: газовміст, висота газорідинного шару, гідравлічний опір

Середній газовміст є одним з основних параметрів газорідинного шару. В роботі [1] розглядаються характеристики процесів, що протікають на перфорованій решітці (масообмінній тарілці). При поступовому зростанні швидкості газу у вільному перерізі апарата шар піни збільшується за рахунок зменшення товщини шару барботажу, і при певній швидкості газу структура піни змінюється – вона стає рухомою, перетворюється в сильно турбулізовану газорідинну систему. Така піна являє собою зважений шар рідини у вигляді плівок і струменів, що швидко рухаються, добре перемішаних з бульбашками і струменями газу. З подальшим зростанням швидкості газу турбулентність піни зростає, її структура набуває вихровий характер, кількість бризок над шаром збільшується і при швидкості газу в перерізі колони 3 – 3,5 м/с значна кількість рідини відноситься з тарілки з газом.

Відповідно до зміни структури пінної дисперсної системи при збільшенні швидкості газу змінюється її гідравлічний опір. Крива гідравлічного опору пінного шару при всіх висотах вихідного шару рідини має максимум і мінімум, які залежать від конструктивних параметрів тарілки. Подальше зростання гідравлічного опору зі збільшенням швидкості газу поступово сповільнюється і потім майже припиняється.

При дослідженні піноутворення вимірюють або розраховують за експериментальними даними такі основні показники газорідинного шару:

1. Висота піни (H , м.) визначається відстанню від тарілки до середнього рівня верхнього краю піни – зваженого шару рідини, тісно перемішаної з газом. Окремі краплі (бризки), що знаходяться при цьому над піною, не зараховуються.

Висота піни (а також похідні від неї величини) є основним критерієм

об'єму отриманої піни, а, отже, і розвитку поверхні контакту фаз. Чим вище шар піни, тим в першому наближенні, розвивається велика поверхня контакту фаз над одиницею площі тарілки і тим інтенсивніше протікає робота апарату. Крім того, інтенсивність перенесення маси або тепла залежить від структури піни – розмірів, кількості і рухливості бульбашок, плівок, і струменів. Тому при вимірюванні висоти піни проводять як візуальну оцінку її якості, так і вдаються до допомоги коно- і фотозйомки. Використовують різні електричні методи вимірювання.

2. Густина піни ρ_n (кг/м³) є похідною величиною від висоти піни. Зменшення густини піни вказує на зростання вмісту газової фази в піні, а, отже, при однаковому розмірі бульбашок, і на зростання поверхні контакту фаз. Зі зменшенням густини піни зменшується її гідравлічний опір.

Густина піни обчислюється за формулою

$$\rho_n = L_{ж} \cdot \rho_{ж} / H \cdot S, \quad (1.1)$$

де $L_{ж}$ – кількість рідини, з якої утворюється піна, м³;

S – площа робочої (перфорованої) частини тарілки, м².

Величина $L_{ж}/S = h_0$ – висота вихідного шару рідини, м.

Тому

$$\rho_n = \rho_{ж} \cdot h_0 / H \quad (1.2)$$

При роботі з різними рідинами зручніше користуватися не абсолютними значеннями щільності піни, а відносними ρ_n^0 . Відносна густина піни показує, яку частку становить об'єм взятої рідини від об'єму отриманої піни, і дорівнює:

$$\rho_n^0 = \frac{\rho_n}{\rho_{ж}} = \frac{L_{ж}}{H \cdot S} = \frac{h_0}{H} \quad (1.3)$$

Велике значення має зворотня величина

$$H_{уд} = \frac{1}{\rho_n^0} = \frac{H}{h_0} \quad (1.4)$$

Вона використовується в розрахункових рівняннях як критерій питомої висоти піни.

Газовміст пінного шару φ_g є параметром, найближче визначальним структуру пінного шару. Газовміст знаходиться як відношення об'єму, зайнятого газом, що знаходиться в газорідинному шарі, до загального об'єму шару:

$$\varphi_g = \frac{(H - h_0)}{H} = 1 - \frac{h_0}{H} = 1 - \rho_n^0 \quad (1.5)$$

Тому визначення φ_g пов'язано з усіма тими труднощами, які супроводжують вимірювання H і h_0 .

Гідравлічний опір тарілки ΔP вимірюється за показаннями манометрів, він складається з опорів сухої тарілки $\Delta P_{\text{сух.}}$ і піни $\Delta P_{\text{сл.}}$. Останнє легко визначити за величинами, що вимірюються:

$$\Delta P_{\text{сл.}} = \Delta P - \Delta P_{\text{сух.}} \quad (1.6)$$

Величина $\Delta P_{\text{сл.}}/H$ – питомий опір піни. Крім характеристики економічності піноутворення, ця величина може служити і деяким критерієм стану структури пінного шару.

Вимоги до гідродинамічного режиму роботи пінного апарату обумовлені необхідністю створення найбільш розвиненої рухомої піни, що забезпечує високу інтенсивність процесів взаємодії газів і рідин.

У різного роду масообмінних апаратах з тарілками, що дозволяють пропускати газ бульбашками або струменями через шар рідини, процес дифузійного обміну відбувається при різних умовах взаємодії газу і рідини. Незалежно від конструкції тарілки простір над нею можна розділити на три зони. Нижня зона (зона барботажу) – являє собою суцільний шар рідини, пронизаний бульбашками газу. Над нею знаходиться зона піни, а ще вище – зона бризок. При малих швидкостях газу, які зазвичай підтримуються в барботажних апаратах, основна маса рідини знаходиться в зоні барботажу і кількість піни і бризок невелика. Тим часом, дифузія маси і теплообмін йдуть найінтенсивніше саме в зоні піни, яка має велику міжфазну поверхню, що безперервно і швидко оновлюється. Навіть при малій висоті пінного шару в порівнянні з висотою зони барботажу він має переважаюче значення. Отже,

збільшенням шару піни, за рахунок зменшення шару барботажу можна різко інтенсифікувати процес. Збільшення шару піни може бути досягнуто підвищенням швидкості газу в повному перерізі апарату (w_r), що є найбільш впливовим параметром, що визначає характер гідродинамічного режиму газорідного шару.

Типова залежність висоти піни від лінійної швидкості газу показана на рис. 1.1.

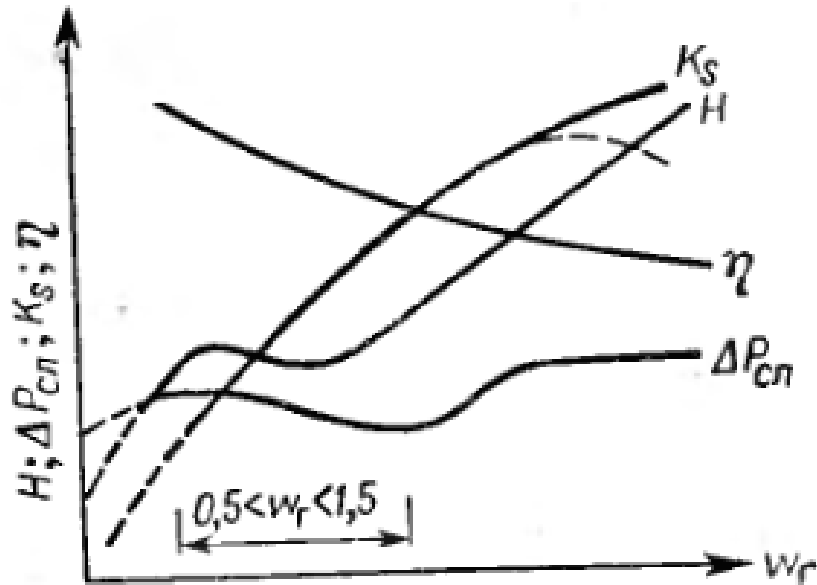


Рис 1.1. Загальний вигляд залежності показників роботи полки пінного апарату від лінійної швидкості газу

Бульбашки газу, що спливають до поверхні рідини при барботажі (тобто при низьких w_r), мають досить малу масу і невелику швидкість. Тому кінетична енергія бульбашок невелика і її може не вистачити для подолання механічної міцності адсорбційного шару на поверхні розділу газ – рідина.

У цьому випадку над шаром рідини утворюється шар малорухомої піни, що має пористу структуру (w_r до 0,5 – 0,7 м/с). Зі збільшенням швидкості газу бульбашки (осередки) піни зменшуються, а рухливість її зростає. При швидкості газу 1 – 1,3 м/с можна спостерігати деяке зменшення об'єму пінного шару, що має рухливий вихровий характер, однак при подальшому збільшенні w_r зростає і H . Зазвичай при $w_r = 3 - 4$ м/с

спостерігається руйнування піни і перетворення її в бризки, що зважені в газі. Такий режим вже не зручний для практичного використання через дуже великого виносу рідкої фази.

Деякий вплив мають конструктивні параметри тарілки: від діаметра отворів, відстані між її центрами і характеру розподілу отворів на тарілці залежить структура піни, що утворюється, а при занадто великому вільному перерізі тарілки протікання значної кількості рідини крізь отвори може погіршити піноутворення.

Вплив типу і вільного перерізу тарілки, а також витрати рідини, що характеризується в цьому випадку питомою витратою рідини або щільністю зрошення L_0 , різко посилюється зі зрозумілих причин в апаратах з протиточними («провальними») тарілками.

Наявність різних режимів, що виникають при проходженні газу через шар рідини, і критерії їх розмежування займали багатьох дослідників гідродинаміки сітчастих тарілок.

Зазвичай в робочому діапазоні швидкостей газу спостерігається кілька гідродинамічних режимів, розмежованих точками перелому на кривих залежності висоти газорідинного шару, гідравлічного опору та деяких інших параметрів від швидкості газу в апараті. Різні режими є наслідком того, що абсолютна величина і роль окремих сил в процесі пропускання газу через рідинний шар можуть значно змінюватися в залежності від швидкості газу, кількості рідини і їх фізичних властивостей:

- барботажний режим – бульбашковий і струменевий, в якому крізь шар рідини проходять бульбашки або струмені газу, утворюючи над барботажною зоною малорухливу піну;

- пінний режим (режим вільної турбулентності), в якому зона рідини з газом, що барботує крізь неї, зникає, піна стає рухомою і сильно турбулізованою;

- інжекційний (бризковий) режим, в якому газові факели виходять на поверхню піни і руйнують її, утворюючи потік бризок.

Можна вважати, що це лише перше наближення до опису гідродинамічних режимів ситчастих тарілок. Залежно від умов можуть виникати перехідні режими, а в певних умовах деякі режими, наприклад пінний, не мають місця. На протиточних тарілках при певних швидкостях газового потоку спостерігаються сильні коливання і хвилеподібні рухи пінного шару. Цей стан виділяють як хвильовий режим. Складний характер даного явища не дозволив поки узагальнити всі обставини, що сприяють виникненню того чи іншого режиму.

Якщо густини рідини, газу та піни відповідно $\rho_{ж}$, $\rho_{г}$, $\rho_{п}$, то об'ємна частка газу в піні або газовміст шару

$$\varphi_2 = \frac{\rho_{ж} - \rho_n}{\rho_{ж} - \rho_2} \quad (1.7)$$

При барботажному режимі зазвичай середній газовміст $\varphi_{г} < 0,5$; при пінному $\varphi_{г} > 0,5$. Для більшості рідин при невеликій висоті вихідного шару перехід від малорухомої піни до турбулентної динамічної піни супроводжується зниженням середнього газовмісту, а при подальшому зростанні швидкості газу $\varphi_{г}$ знову зростає приблизно до 0,9.

За даними авторів роботи [1] виділяється три характерних гідродинамічних режиму роботи на тарілках ситчастого апарату:

1. Газ розподілений в рідині. Цей режим охоплює діапазон швидкостей газу в повному перерізі апарату від 0 до 0,9 – 1,1 м/с. Безперервною фазою є рідина, що містить деформовані, що безперервно зливаються, руйнуються і рухливі бульбашки газу, а також більші газові порожнечі. В межах цього режиму зі збільшенням швидкості газу рідина починає відокремлюватися, утворюючи деформовані рухомі агрегати рідини, що безперервно зливаються і руйнуються, приблизно при $w_{г} = 0,5 - 0,7$ м/с и $h_0 = 30 - 70$ мм, причому при збільшенні h_0 агрегати з'являються при більш високих швидкостях газу.

2. Інверсія фаз. При цьому режимі ($0,9 - 1,1 \leq w_{г} \leq 1,4 - 1,6$ м/с) рідка і газова фази майже повністю знаходяться в вигляді відособлених, деформованих, агрегатів, що безперервно зливаються і руйнуються, та більш-

менш рівномірно розподіляються по об'єму шару. Розміри агрегатів рідини і газових порожнин і каналів співмірні.

3. Рідина розподілена в газі. У цьому режимі ($w_r \geq 1,4 - 1,6$ м/с) безперервною фазою є газ, а дисперсною – рідина. Зі збільшенням швидкості газу однорідність шару зростає, внаслідок чого зменшується кількість рідини, що знаходиться у вигляді агрегатів. При $w_r = 1,8 - 2,5$ м/с починають з'являтися яскраво виражені малодеформовані канали газу. Це призводить до помітного зменшення швидкості флуктуації структурних параметрів. Таке співвідношення структури шару не змінюється до швидкості виносу рідини.

Межі зазначених гідродинамічних режимів залежать від гідродинамічних, фізико-хімічних і конструктивних параметрів системи і можуть коливатися в широких межах. Зокрема, на межі гідродинамічних режимів і на поведінку фаз (інтенсивність злиття, руйнування газових пустот і рідинних агрегатів) всередині окремого режиму великий вплив робить висота вихідного шару рідини, її піноутворююча здатність.

Гідродинамічні режими, що виникають на протиточних тарілках, зазвичай розглядаються у вигляді залежності повного гідравлічного опору полки (з урахуванням газорідинного шару) від лінійної швидкості газу (в розрахунку на повний переріз апарату) при постійному навантаженні по рідині ($L_0 = \text{const}$). Типова залежність такого роду для дірчастих і щілинних тарілок з невеликим вільним перерізом ($S_0 \leq 0,25$ м²/м²) показана на рис. 1.2.

Перший режим (0 – 1), що спостерігається при низьких швидкостях газу, визначається як режим змоченою тарілки і характеризується дуже незначною кількістю рідини, що утримується на ній. Зі збільшенням w_r цей режим змінюється барботажним (1 – 2), в якому газові бульбашки барботують через шар рідини на тарілці. У міру подальшого зростання швидкості газу рідина переходить в стан турбулізованої піни, настає пінний режим (2 – 3), або режим аерації.

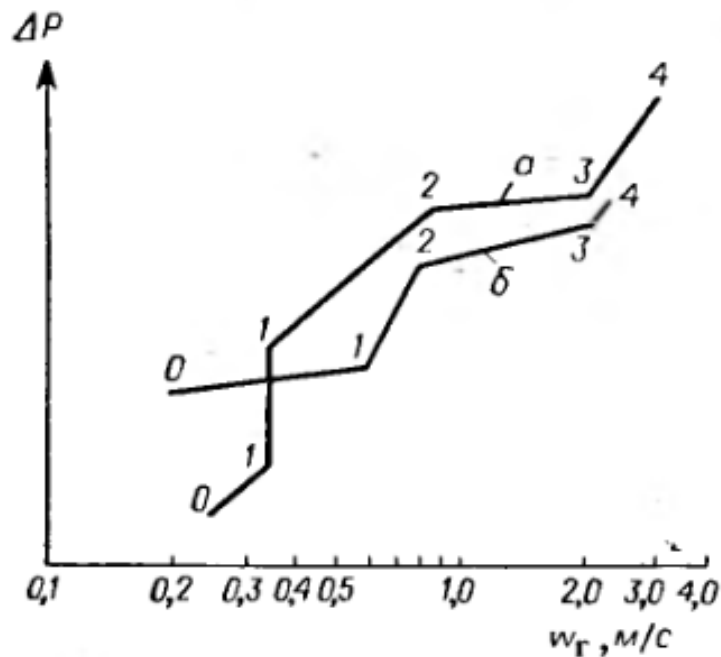


Рис. 1.2. Гідродинамічні режими на щілинній (а) і дірчастій (б) протиточних тарілках: 0 – 1 - змоченою тарілки; 1 – 2 - барботаажний; 2 – 3 – пінний; 3 – 4 – хвильовий

В межах цього режиму відбувається незначне зростання гідравлічного опору зі збільшенням швидкості газу. В кінці пінного режиму зростання швидкості газу призводить до утворення газових струменів, які, прориваючись то в одному, то в іншому місці тарілки, створюють коливання шару рідини – починається хвильовий режим (3 – 4). Характерною рисою цього режиму є значне зростання гідравлічного опору і інтенсивне винесення крапель рідини. В кінці хвильового режиму настає «захлинання» апарату, припиняється протікання рідини, миттєво зростають шар рідини на тарілці і гідравлічний опір.

На характер залежності від $w_г$ великий вплив мають геометричні параметри тарілок. Так, на дірчастих тарілках з невеликим діаметром отворів ($d_0 = 3 - 4$ мм) можна виділити перехідний режим від барботаажного до пінного, який характеризується практично відсутністю зростання ΔP і утворенням великочарункуватої піни при наявності великих міхурів газу.

Зі збільшенням щільності зрошення і діаметра отворів інтервал швидкості газу, при якому існує цей перехідний режим, скорочується. Дослідники виявили наявність режиму (іноді в досить великому інтервалі швидкостей газу), що характеризує перехід від пінного режиму до хвильового, який також супроводжується практично припиненням зростання ΔP . Стан шару рідини на тарілці при цьому режимі вкрай нестійкий, періодично спостерігається то стабільний шар рухомий піни, то обертання і коливання газорідного шару.

Лінійна швидкість газу, при якій утворюється пінний режим, мало залежить від щільності зрошення і становить зазвичай близько 1 м/с. Точка хвилеутворення відповідає $w_2 \approx 2$ м/с, причому перехід від пінного режиму до хвильового для тарілок з великим вільним перерізом відбувається при більш високих швидкостях газу, ніж для тарілок з невеликим вільним перетином; з ростом L_0 швидкість газу, що відповідає початку хвилеутворення, зменшується.

Найбільший інтерес для різних процесів масопередачі, наприклад, для пиловловлювання, виходячи з їх специфічних особливостей і економічності ведення процесу, являє пінний режим, що забезпечує найкращі умови для підведення молекул абсорбтива або частинок пилу до сильно турбулізованих поверхонь (плівок) рідини, що постійно оновлюються. Робота при хвильовому режимі не може бути визнана доцільною, так як при цьому на протиточних тарілках різко зростає бризгоунос, що знижує ефективність процесу. Крім того, коливання шару рідини на тарілці при хвильовому режимі приймають самі різні форми, аж до оголення деякої частини отворів, що може привести до прориву газу без будь-якого контакту з рідиною, що зрошує.

Робота в хвильовому режимі можлива при великій щільності зрошення (виключається можливість оголення окремих частин тарілки) і при наявності ефективного бризгоуловителя, вбудованого безпосередньо в апарат або встановленого на виході газу з апарату. Інша можливість – установка на протиточних тарілках стабілізаторів пінного шару, які запобігають появі

хвильового режиму при великих швидкостях газу.

На протиточних тарілках з великим вільним перерізом ($S_0 \geq 0,3 \text{ м}^2/\text{м}^2$) можна простежити зміну гідродинамічних режимів з ростом швидкості газу. Практично аж до точки захлинання на них утворюється досить невисокий газорідинний шар з тонкими плівками рідини, що постійно розриваються. Характерним для роботи подібних тарілок, особливо при високих лінійних швидкостях газу ($w > 1 - 2 \text{ м/с}$), є інтенсивний бризкоунос, тому що відсутній сепаруючий шар газорідинної піни.

Таким чином, режими, що спостерігаються в системі повітря – вода на протиточних дірчастих і щілинних тарілках в основному відповідають узагальнюючій класифікації. Для визначення меж режимів (тобто, «критичної» швидкості газу w_{Γ}) запропоновано застосовувати формулу:

$$\frac{w_{\Gamma}^2}{g \cdot d_{0,\text{э}} \cdot S_0} \frac{\rho_{\text{г}}}{\rho_{\text{ж}}} \left(\frac{\mu_{\text{ж}}}{\mu_{\text{в}}} \right)^{0,16} = B \cdot \exp \left[-4 \cdot \left(\frac{L}{G} \right)^{0,25} \left(\frac{\rho_{\text{г}}}{\rho_{\text{ж}}} \right)^{0,125} \right], \quad (1.8)$$

де $d_{0,\text{э}}$ – еквівалентний діаметр отворів;

$\mu_{\text{в}}$ – в'язкість води при 20 °С.

Величина B названа індикатором гідродинамічного режиму: $B \leq 2,95$ відповідає режиму структурованої піни; $2,9 < B < 10$ – режиму рухомої піни; $B \geq 10$ – переходу від режиму рухомої піни до бризкоуносу.

Висота піни є одним з основних показників піноутворення, що дозволяє судити про розвиток поверхні контакту фаз. Питома поверхня A ($\text{м}^2/\text{м}^2$) зіткнення газу і рідини може враховуватися як функція питомого об'єму піни або питомої висоти піни. При даній площі тарілки питомий об'єм піни дорівнює її питомій висоті

$$\frac{v_{\text{п}}}{v_{\text{ж}}} = \frac{H}{h_0} = H_{\text{yд}} \text{ або}$$

$$H_{\text{yд}} = \frac{\varphi_{\text{г}} + \varphi_{\text{ж}}}{\varphi_{\text{ж}}} \quad (1.9)$$

де $v_{\text{п}}$ – об'єм піни,

$v_{ж}$ – об’єм вихідної рідини, з якої виникла піна.

Очевидно, що при даному середньому еквівалентному радіусу кривизни бульбашок газу

$$A = B \cdot H_{yd} \quad (1.10)$$

де B – коефіцієнт пропорційності.

Аналіз численних експериментальних даних показує, що коефіцієнти масо і теплопередачі (K_s та K_T) при даній швидкості газу пропорційні висоті піни в значних межах її зміни. Залежність K_s и K_T від H можна виразити за практично достатньою точністю рівнянням прямої

$$K_s = aH + K_0 ;$$

$$K_T = a'H + K_0' \quad (1.11)$$

Коефіцієнти (a та K_0) в цих рівняннях різні для різних газорідних систем і процесів.

Таким чином, висоту піни або величини, залежні від неї (густина піни і ін.), можна використовувати як критерій для оцінки роботи пінного апарату. Цей фактор (H) містить всю інформацію про вплив гідродинамічних і конструктивних параметрів апарату.

У той же час H - це найважливіший гідродинамічний і кінетичний параметр, що визначає в значній мірі коефіцієнт масопередачі K_s (віднесений до поверхні контакту фаз). Час контакту газу з рідиною на полиці пінного апарату прямо пропорційний висоті пінного шару. Тому і залежність K_s від H при інших рівних умовах повинна бути прямолінійною, що і підтверджено дослідженнями.

Лінійна залежність порушується при зменшенні висоти піни нижче 40 – 80 мм (в залежності від швидкості газу), так як відбувається струменевий прорив газу з різким зниженням коефіцієнта масопередачі.

Сильне збільшення H також недоцільно з двох причин. По-перше,

внаслідок наближення к. п. д. до 100% збільшення продуктивності полки з ростом висоти піни майже припиняється, хоча K_s продовжує зростати. По-друге, при зростанні висоти піни вище 400 мм погіршується її структура при одночасному підвищенні гідравлічного опору.

При виведенні розрахункових критеріальних рівнянь залежність $K_s = f(H)$ виражають одночленом:

$$K_s = n \cdot H^m, \quad (1.12)$$

де $m = 0,33$ для добрерозчинних газів, при $H = 80 - 400$ мм і $w_r = 1,5 - 3,0$ м/с.

У свою чергу, висота піни є комплексною змінною функцією багатьох параметрів в залежності від умов проведення процесу.

Найбільш ефективна робота масообмінних апаратів досягається при певному поєднанні значень коефіцієнта масопередачі K_s і коефіцієнта корисної дії (η), що характеризує повноту протікання процесу.

Під коефіцієнтами корисної дії (η) розуміють відношення кількості компонента, який перейшов з однієї фази в іншу, до теоретично максимально можливій кількості, яка перейшла б за умови досягнення в апараті фазової рівноваги.

Між коефіцієнтом корисної дії і коефіцієнтом масопередачі є зв'язок:

Для абсорбції (концентрації виражені по газовій фазі):

$$\eta_a = \frac{2K_s}{(2w_g + K_s)}. \quad (1.13)$$

для десорбції (концентрації виражені по рідкій фазі):

$$\eta_{дс} = \frac{2K_s}{(2w_{жс} + K_s)}. \quad (1.14)$$

К. п. д. залежить від швидкості процесу, що протікає і є функцією багатьох змінних: гідродинамічної обстановки процесу, створюваної в апараті тієї чи іншої конструкції, фізико-хімічних властивостей

оброблюваних речовин і часу контакту фаз. Врахування всіх факторів, що впливають на к. п. д., дуже складне і зазвичай його визначають дослідним шляхом. При цьому застосовують різні вирази визначеного критерію, який характеризує повноту протікання процесу.

Питома вага газорідної емульсії, що виникає на тарілках колон, характеризуючи гідродинамічний стан системи, в значній мірі визначає і ефективність роботи колони [2].

Як на тарілках, так і в насадках мінімальна питома вага емульсії відповідає максимальній здібності. Це підтверджує припущення про наявність залежності між питомою вагою емульсії і коефіцієнтом масопередачі на тарілці. Вищенаведені дані відносяться до середньої питомої ваги емульсії на тарілці.

Середня питома вага емульсії на тарілці може бути визначена як кількість рідини, що віднесена до об'єму емульсії, або як гідростатичний тиск стовпа емульсії, віднесений до її висоти. Тим і іншим способами виходять однакові значення середніх питомих ваг.

Характер зміни як кількості рідини, так і висоти шару емульсії на тарілці (зі зміною швидкості газу) різко змінюється від режиму до режиму; однак ці зміни відбуваються синхронно для зазначених величин і характер змін майже однаковий. А так як середня питома вага емульсії пропорційна відношенню названих величин, то не слід очікувати різких стрибків на кривій залежності питомої ваги від швидкості газу при постійному зрошенні, що дозволяє сподіватися отримати єдину залежність для визначення питомої ваги газорідної емульсії для всіх режимів, що виникають на решітчастій тарілці.

На рис. 1.3 наводяться залежності відносної питомої ваги емульсії $\frac{\gamma_{\text{э}}}{\gamma_{\text{ж}}}$ від швидкості газу при постійних величинах зрошення [тут $\gamma_{\text{э}}$ – питома вага емульсії (кг/м³); $\gamma_{\text{ж}}$ – питома вага чистої рідини (кг/м³)]. На решітчастих провальних тарілках питома вага газорідної емульсії зменшується майже

до швидкості захлинання, отже, і ефективність переносу маси повинна безперервно зростати зі збільшенням швидкості газу, правда, при високих швидкостях це зростання незначне. Цей висновок підтверджується даними роботи [2] при десорбції кисню з води на провальній тарілці, що ще раз говорить про наявність зв'язку між процесом масопередачі на решітчастій тарілці і питомою вагою емульсії.

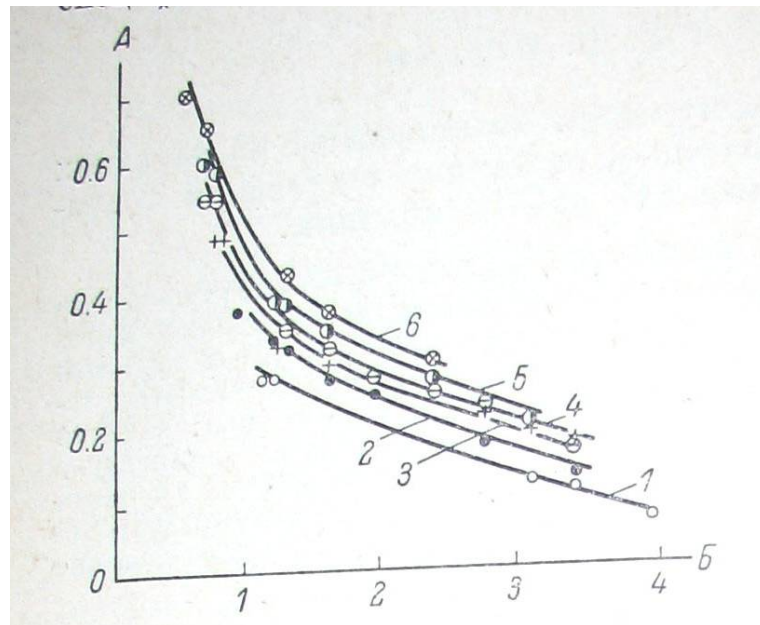


Рис.1.3. Середня відносна питома вага емульсії на тарілці в залежності від швидкості газу в колоні при різних зрошеннях

A – середня відносна питома вага $\frac{\gamma_{\text{э}}}{\gamma_{\text{ж}}}$,

B – швидкість газу w (м/сек.);

Зрошення L (кг/м²·год): 1 – 1650; 2 – 3870; 3 – 8060; 4 – 11200;
5 – 16000; 6 – 21100.

У роботі [4] досліджувалися гідравлічні закономірності процесів на дірчастих і щілинних провальних тарілках в широкому інтервалі зміни розмірів тарілок, а також фізичних властивостей і швидкостей потоків з урахуванням гідродинамічного режиму процесу.

$$\Delta p = \Delta p_c + \Delta p_\sigma + \Delta p_n, \quad (1.15)$$

де Δp_c – гідравлічний опір сухої тарілки, кг/м²;

Δp_σ – опір, що виникає в результаті поверхневого натягу, кг/м²;

Δp_n – опір шару піни, кг/м²;

Δp_c – визначається за рівнянням:

$$\Delta p_c = \left[(1 - F_c)^2 + \xi_p + \frac{4000 \cdot F_c \cdot d \cdot \delta}{\text{Re}^{0.2} \cdot d_s} \right] \cdot \frac{w_0^2 \cdot \gamma_z}{2 \cdot g}, \quad (1.16)$$

де ξ_p – коефіцієнт гідравлічного опору при раптовому розширенні;

d – діаметр отвору або ширина щілини, м;

δ – товщина тарілки, м;

F_c – вільний переріз тарілки, м²/м²;

$\text{Re} = \frac{w_0 \cdot d_0 \cdot \gamma_z}{\mu_z \cdot g}$ – критерій Рейнольдса для газу;

w_0 – швидкість газу у вільному перерізі тарілки, м/сек;

μ_z – в'язкість газу, кг·сек/м².

Величина, Δp_σ відповідна опору, що виникає в результаті поверхневого натягу, може бути знайдена з рівняння

$$\Delta p_\sigma = \frac{4 \cdot \sigma}{d_s}, \quad (1.17)$$

де σ – поверхневий натяг, кг/м;

d_s – еквівалентний діаметр отвору або ширина щілини, м.

Як видно з рівняння (1.15), єдиним доданком, який не можна розрахувати заздалегідь, є Δp_n (опір шару піни). Тому виникає необхідність в знаходженні розрахункового рівняння для визначення цієї величини.

Прийmemo, що піна являє собою місцевий гідравлічний опір для проходження як газу, так і рідини. Склавши відповідні рівняння Бернуллі отримали рівняння для розрахунку об'ємної частки рідини в шарі піни.

$$(1 - \varepsilon) = \frac{0,21}{\sqrt{F_c}} Fr_{on}^{-0,2}, \quad (1.18)$$

де $(1-\varepsilon)$ – об'ємна частка рідини в піні;

Fr_{on} – критерий Фруда.

На барботажних тарілках візуально можна спостерігати різні режими взаємодії газу і рідини. Можливість розрахунку гідравлічного опору піни для всіх режимів за рівнянням (18) означає, що характер опору, що чиниться шаром піни проходженню газу, залишається постійним у всіх режимах.

В роботі [2] вказується, що величина $(1-\varepsilon)$ в рівнянні (1.18) приблизно дорівнює відносній питомій вазі емульсії.

В роботі [5] розглядалися гідродинамічні характеристики тарілок провального типу з різним вільним перерізом, які встановлювалися в колонах різного діаметру.

За швидкість w_{\min} брали швидкість газу при $L = \text{const}$, при якій на тарілці провального типу з'являвся стійкий барботажний шар. При швидкості w_{\max} газорідинний шар на тарілці починав руйнуватися. У колонах діаметром $D = 0,057$ і $0,15$ м газорідинний шар при швидкості, що перевищує w_{\max} , починав різко зростати до виходу через верх колони. У колоні $D = 2$ м, при збільшенні швидкості газу вище w_{\max} , через частину рідини на тарілці газ взагалі не барботував, а через іншу частину тарілки газ проходив з великою швидкістю. Кордон розділу газової і газорідинної фази при w_{\max} , на тарілках провального типу з малим вільним перерізом, було видно досить добре.

Відзначається [5], що діапазон стійкої роботи ($w_{\min} - w_{\max}$) для тарілки провального типу встановленої в колоні з $D = 0,057$ м істотно (приблизно в 2 рази) менше діапазону стійкої роботи тарілки встановленої в колоні $D = 2$ м, при великій щільності зрошення. Значення вільних перерізів тарілок і діаметри отворів плато тарілки були близькі для колон різного діаметру.

На рис. 1.4 представлена структура барботажного шару, яка характерна для висоти барботажного шару до $H \approx 0,1$ м.

Як видно з рисунка, барботажний шар характеризується однорідною за всіма напрямками структурою чарункової піни, горизонтальною поверхнею барботажного шару, висота якої не змінюється в часі, для одних і тих же

швидкостей газової і рідкої фаз. Це говорить про те, що в барботажному шарі сили тяжіння перевищують сили інерції рідини. Можна вважати, що барботажний шар в цьому режимі, як система, що самоорганізується, знаходиться в рівновазі, так як сили гідростатичного тиску і масові сили постійні у часі в будь-якій точці барботажного шару. Вектор швидкості руху рідини має один напрямок – зверху вниз. Так як на газорідний шар не діють зовнішні сили, а діють тільки сили, в результаті яких він утворений, то таку систему можна назвати такою, що самоорганізується.



Рис. 1.4. Робота тарілки провального типу в режимі однорідного барботажного шару: тарілка № 10 (таблиця 10),

$$L = 12,7 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{г}), w = 0,72 \text{ м/с}$$

Крім того, барботажний шар практично симетричний щодо осей координат, початок яких розташовується на центральній вертикальній осі тарілки провального типу.

При досягненні висоти газорідного шару більшої $H \approx 0,1$ м він втрачає стійкість (рис. 1.5). Утворюється рухливий газорідний шар, який

характеризується відсутністю структурованої чарункуватої піни. Вільна поверхня газорідинного шару криволінійна. Її висота змінюється в часі для одних і тих же швидкостей газової і рідкої фаз має амплітуду і частоту. У газорідинному шарі спостерігаються флуктуації таких параметрів як гідравлічний опір і висота газорідинного шару, швидкостей руху рідини, які мають хаотичний напрям. Це говорить про те, що сили інерції рідини в такому газорідинному шарі перевищують сили тяжіння.



Рис. 1.5. Робота тарілки провального типу в режимі рухомого газорідинного шару: тарілка № 10 (таблиця 10),
 $L = 12,7 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{г})$, $w = 0,83 \text{ м/с}$

Крім цього, газорідинний шар втрачає симетричність щодо осей координат, початок яких розташовується на центральній вертикальній осі тарілки провального типу.

Таким чином, газорідинної шар, як система, що самоорганізується, втрачає стійкість і стає динамічною нерівноважною системою. Перехід від стійкої рівноважної самоорганізованої ізольованої системи до нерівноважної системи називають бифуркацією.

Дослідження тарілок повального типу з великим вільним перерізом показали, що в колонах невеликого діаметра ($D = 0,057, 0,15$ м), ще з'являвся барботажний шар при w_{min} . У колоні $D = 0,4$ м і, особливо, в колоні $D = 2$ м, при w_{min} з'являвся газорідинний шар, який складався з крапель і плівок рідини з високим газовмістом. Таким чином, в газорідинному шарі мала місце інверсія фаз, коли суцільною фазою був газ, а дисперсною фазою була рідина.

Верхня межа роботи тарілок провального типу з великим вільним перерізом (w_{max}) в колонах невеликого діаметра ($D = 0,057, 0,15$ м), визначали по висоті вільної поверхні газорідинного шару, як і для тарілок з малим вільним перерізом. У колонах діаметром $D = 0,4$ м і $D = 2$ м вільної поверхні газорідинного шару не було. Тому w_{max} визначали (досить умовно) по висоті підкидання найбільш великих крапель і плівок рідини.

Якщо в колонах невеликого діаметра ($D = 0,057, 0,15$ м) існував перехід від однорідного барботажного шару до рухомого газорідинного шару, при висоті $H \approx 0,1$ м, то в колонах діаметром $D = 0,4$ м і $D = 2$ м такого переходу не було.

Діапазон сталої роботи ($w_{min} - w_{max}$) у тарілок провального типу з великим вільним перерізом менше залежить від діаметра колони, ніж у тарілок провального типу з малим вільним перерізом.

Після аналізу представлених експериментальних даних можна зробити висновок, що нижня і верхня межі роботи (w_{min} і w_{max}) тарілок провального типу з однаковим діаметром отворів, істотно залежать від вільного перетину тарілок для одних і тих же співвідношень навантажень по газовій і рідкій фазі. У той час, як нижня межа роботи (w_{min}) тарілок провального типу, практично не залежить від діаметра колони для різних вільних перерізів тарілок, w_{max} істотно залежить від діаметра колони, особливо для тарілок

провального типу з малим вільним перерізом тарілок для одних і тих же співвідношень навантажень по газовій і рідкій фазі.

Діапазон сталої роботи тарілок провального типу пов'язаний з режимами її роботи.

Найбільш часто перехід від одного режиму до іншого ілюструється на графіках залежності гідравлічного опору тарілки від швидкості газу в перерізі колони.

На рис. 1.6 представлені графіки залежності гідравлічного опору тарілки провального типу від швидкості газу в перерізі колони для різних діаметрів колон. Наведено залежності для тарілок провального типу з малим вільним перерізом.

На графіку залежності гідравлічного опору тарілки провального типу від швидкості газу в перерізі колони, встановленої в колоні $D = 0,15$ м (рис. 1.6) добре видно межу між різними режимами роботи тарілок.

На рис. 1.7 наведено графіки залежності гідравлічного опору від швидкості газу в перерізі колони діаметром $D = 0,15$ м, для різних вільних перерізів тарілок провального типу. Відзначено точки біфуркації, в яких здійснюється якісна зміна структури однорідного барботажного шару і він стає рухомим газорідним шаром.

Відповідно до цього, на тарілках провального типу можна виділити три режими роботи тарілок:

- режим однорідного барботажного шару;
- режим рухомого газорідного шару;
- режим руйнування газорідного шару.

Перехід від режиму однорідного барботажного шару до режиму рухомого газорідного шару в колоні $D = 0,15$ м здійснюється стрибкоподібно, тобто при незначній зміні керуючого параметра (швидкості газу в перерізі колони) відбувається стрибкоподібна зміна визначаемого параметру (гідравлічного опору тарілки провального типу).

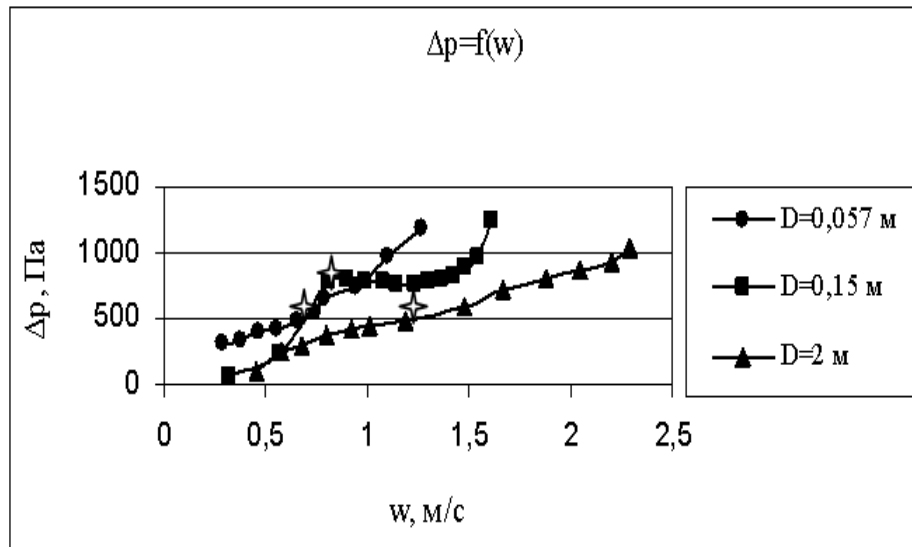


Рис. 1.6. Залежність гідравлічного опору (Δp , Па) від швидкості газу в перерізі колони (w , м/с), при різних щільностях зрошення, \star – точка біфуркації

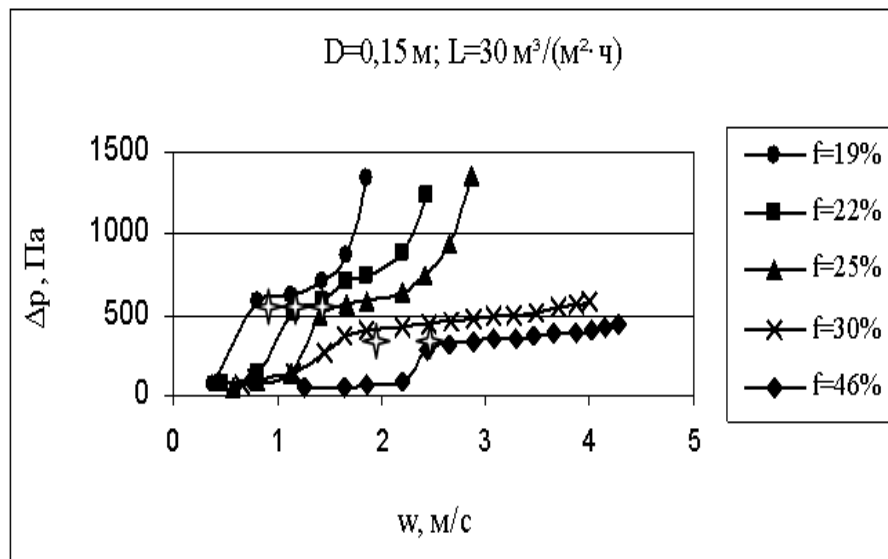


Рис. 1.7. Залежність гідравлічного опору (Δp , Па) від швидкості газу в перерізі колони (w , м/с), при різних вільних перерізах тарілок провального типу, \star – точка біфуркації

Після вивчення меж роботи тарілок провального типу можна зробити наступні висновки:

– діапазон стійкої роботи тарілок провального типу залежить від їх геометричних характеристик, таких як вільний переріз тарілок, їх діаметра, а також діаметра отворів в плато тарілки.

– в межах сталої роботи тарілок провального типу від мінімальної швидкості (w_{min}), при якій на тарілці з'являється стійкий барботаажний шар, до максимальної швидкості газу в перерізі колони (w_{max}), при якій відбувається руйнування газорідного шару, існують три режими роботи тарілки провального типу (режим однорідного барботаажного шару; режим рухомого газорідного шару і режим руйнування газорідного шару).

– перехід від режиму однорідного барботаажного шару до режиму рухомого газорідного шару відбувається в точці біфуркації, коли відбувається принципова зміна структури барботаажного шару, і основні його параметри (гидравлічний опір тарілки і висота газорідного шару) в даній точці набувають певну амплітуду і частоту.

– перехід від режиму однорідного барботаажного шару до режиму рухомого газорідного шару відбувається при висоті газорідного шару $H \approx 0,1$ м для всіх досліджених тарілок і всіх співвідношень витрат газової і рідкої фази в точці біфуркації.

Залежність ефективності роботи тарілок провального типу від середнього газовмісту вивчалась в роботі [5].

На рис. 1.8 представлені графіки залежності ефективності тарілок провального типу від швидкості пари в перерізі колони для тарілок з різним вільним перерізом в умовах ректифікації суміші вода метанол.

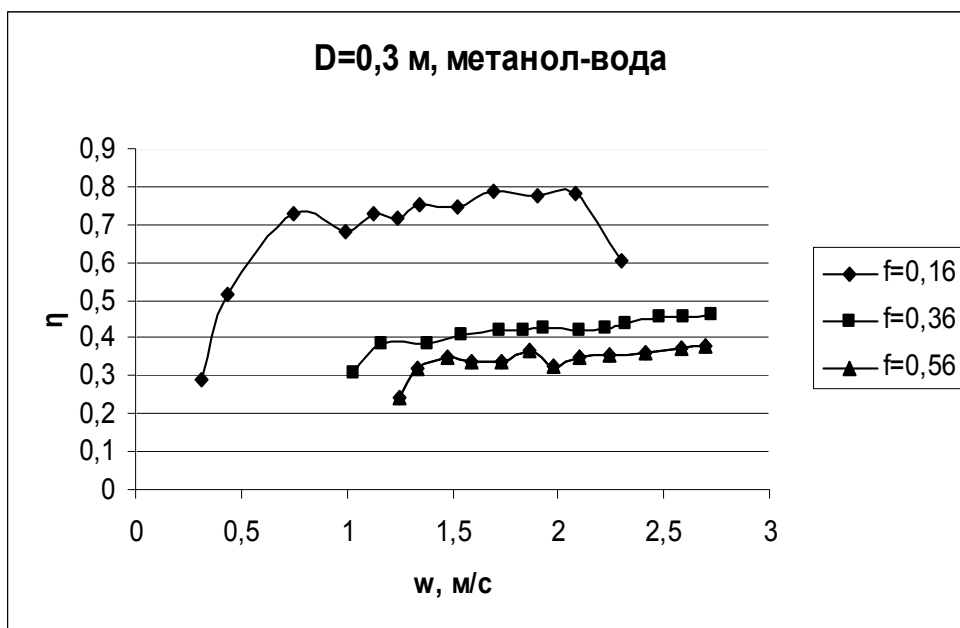


Рис. 1.8. Графіки залежності ефективності тарілок від швидкості пари в перерізі колони

Для тих самих умов на рис. 1.9 представлені графіки залежності середнього газовмісту на тарілках від швидкості пари в перерізі колони.

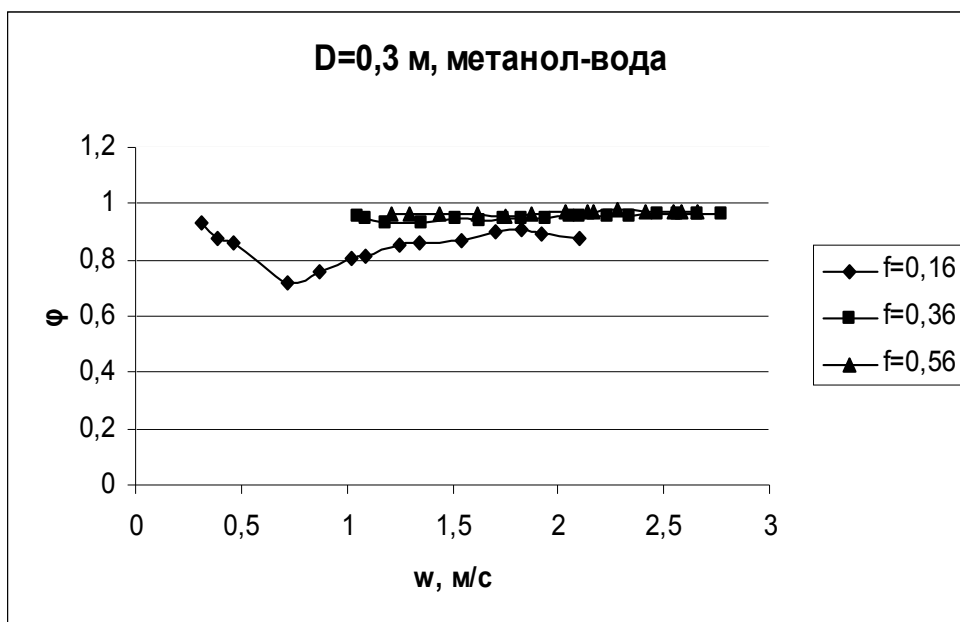


Рис. 1.9. Графіки залежності середнього газовмісту на тарілках від швидкості пари в перерізі колони

З порівняння графіків рис. 1.8 і рис. 1.9 видно, що великим значенням середнього газовмісту (φ) на тарілках провального типу відповідають менші значення ефективності (η) тарілок.

Метою даної роботи є:

- дослідити роботу тарілок провального типу.
- дослідити середній газовміст на тарілках провального типу від з вільним перерізом $f = 14,6\%$, $25,4\%$, 30% , 36% та $42,25\%$ в широкому діапазоні навантажень за газом та рідиною на колоні з діаметром $D = 0,057$ м.
- встановити залежність середнього газовмісту від ефективності тарілок провального типу.

2. ОПИС ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

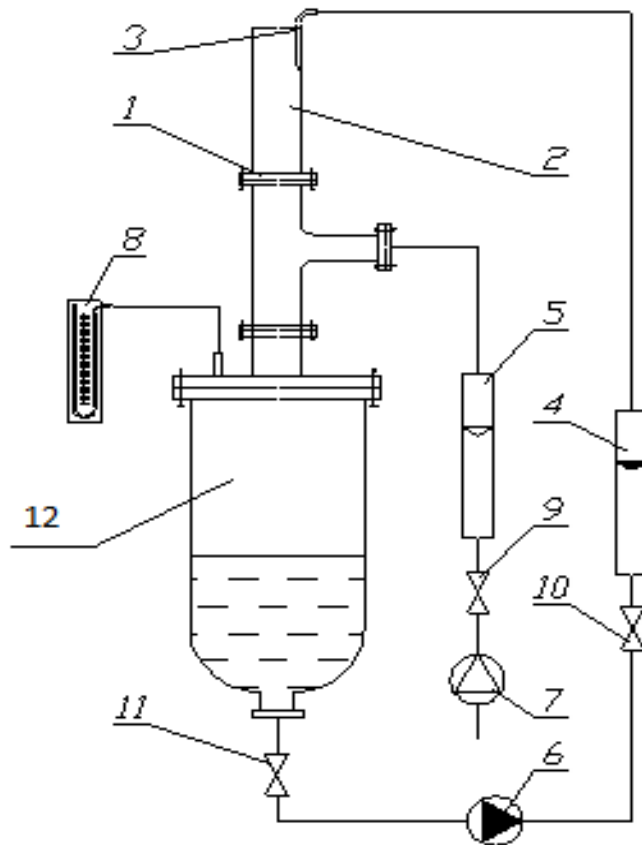


Рисунок 2.1. Схема експериментальної установки.

1 – тарілка провального типу; 2 – колона; 3 – зрошувач;
4, 5 – ротаметр; 6 – насос; 7 – газодувка; 8 – дифманометр; 9, 10, 11 –
вентилі; 12 – кубова частина.

Установка складається з колони 2, в якій встановлено тарілку провального типу з різним вільним перерізом 1. З кубової частини 12 за допомогою насоса 6 вода подається через ротаметр 4 у верхню частину колони. Для забезпечення більш правильної роботи тарілки вода подається через зрошувач 3. Повітря за допомогою газодувки 7 через ротаметр 5 подається в колону нижче тарілки 1 для забезпечення протитоку з рідиною і тим самим утворення газорідного шару.

Вимірювання гідравлічного опору тарілки відбувається за допомогою диференційного манометру 8.

В колону по черзі було встановлено тарілки різного вільного перерізу.

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Методика проведення експериментів

Рідина за допомогою насоса подається у верхню частину колони через зрошувач. Вода подається на внутрішню стінку колони. Встановлюємо за ротаметром витрату рідини, якій відповідає певна щільність зрошення $L, \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$.

Знизу під тарілку за допомогою газодувки подаємо повітря. Його витрату встановлюємо за ротаметром. Для певної щільності зрошування змінюємо витрату повітря від початку роботи тарілки до її верхньої межі.

Для кожного співвідношення навантажень по газу й рідині вимірюємо гідравлічний опір і висоту газорідинного шару. Особливу увагу приділяємо зміні режимів на тарілці: від режиму рівномірного барботажу, режиму рухомого газорідинного шару (точка біфуркації) до режиму руйнування газорідинного шару.

Гідравлічний опір тарілки вимірюємо за допомогою рідинного манометра, вхід якого з'єднаний із точкою відбору гідравлічного тиску, що розташовується на кришці кубової частини експериментальної установки. Вихід манометра з'єднаний з атмосферою.

Висоту піни вимірюємо за допомогою сантиметрової лінійки.

Для отримання більш точніших дослідних даних для кожного співвідношення навантажень по газу й рідині проводимо по декілька експериментів, після чого підраховується середня величина для гідравлічного опору та висоти газорідинного шару.

Дослідження проводимо для всіх тарілок різного вільного перерізу.

3.2. Обробка експериментальних даних

Експериментальні параметри заносимо у таблиці 3.1 – 3.10.

Розрахункові параметри заносимо у таблиці 3.11 – 3.15.

Таблиця 3.1

Експериментальні параметри, $f = 42,25\%$ (Ротамер РС-3)

Покази ротаметра по воді Ротамер РС-3	Щільність зрошення L , $\text{м}^3/(\text{м}^2\text{год.})$	Покази ротаметра по повітрю, %	Швидкість повітря, w , м/с	Гідравлічний опір, ΔP , $\text{кг}/\text{м}^2$.	Висота газорідного шару, H , мм
30	5,01	0	0,784		
		5	0,947		
		10	1,11		
		15	1,275		
		20	1,44		
		25	1,635	2	
		30	1,83	4	
		35	1,96	4	
		40	2,09	4	
		45	2,22	6	
		50	2,35	6	
		55	2,55	6	
		60	2,75	6	
		65	2,945	6	
		70	3,14	8	
		75	3,335	8	
		80	3,53	10	
		85	3,635	26	120
		90	3,74	34	160
95	4,025	38	180		
50	6,91	0	0,784	2	
		5	0,947	4	
		10	1,11	14	30
		15	1,275	14	40
		20	1,44	16	50
		25	1,635	16	60
		30	1,83	16	70
		35	1,96	18	80
		40	2,09	18	90
		45	2,22	20	100
		50	2,35	20	110
		55	2,55	22	120
		60	2,75	22	130
		65	2,945	24	140
		70	3,14	24	150
		75	3,335	26	160
80	3,53	26	170		

Продовження таблиці 3.1

Покази ротаметра по воді Ротаметр РС-3	Щільність зрошення L, м ³ /(м ² год.)	Покази ротаметра по повітрю, %	Швидкість повітря, w, м/с	Гідравлічний опір, ΔP, кг/м ² .	Висота газорідного шару, H, мм
		85	3,635	34	190
		90	3,74	38	210
		95	4,025		
90	11,71	0	0,784	2	
		5	0,947	4	
		10	1,11	12	40
		15	1,275	12	50
		20	1,44	14	60
		25	1,635	14	70
		30	1,83	16	80
		35	1,96	18	90
		40	2,09	20	100
		45	2,22	22	110
		50	2,35	22	120
		55	2,55	24	130
		60	2,75	26	140
		65	2,945	26	150
		70	3,14	26	160
		75	3,335	32	170
		80	3,53	36	180
85	3,635	38	190		
90	3,74	40	200		
95	4,025	46	220		

Таблиці 3.2

Експериментальні параметри, $f = 42,25\%$ (Ротаметр РС-5)

Покази ротаметра по воді РС-5 №531	Щільність зрошення L, м ³ /(м ² год.)	Покази ротаметра по повітрю, %	Швидкість повітря, w, м/с	Гідравлічний опір, ΔP, кг/м ² .	Висота газорідного шару, H, мм
0	26,04	0	0,784	24	60
		5	0,947	26	70
		10	1,11	26	80
		15	1,275	26	90
		20	1,44	28	100
		25	1,635	28	110
		30	1,83	28	120
		35	1,96	28	130

Продовження таблиці 3.2

Покази ротаметра по воді РС-5 №531	Щільність зрошення L, м ³ /(м ² год.)	Покази ротаметра по повітрю, %	Швидкість повітря, w, м/с	Гідравлічний опір, ΔP, кг/м ² .	Висота газорідинного шару, H, мм
		40	2,09	30	140
		45	2,22	30	150
		50	2,35	32	160
		55	2,55	34	170
		60	2,75	36	180
		65	2,945	38	190
		70	3,14	40	200
		75	3,335	44	210
		80	3,53	46	220
		85	3,635	70	280
90	3,74	80	330		
10	42,19	0	0,784	26	60
		5	0,947	28	70
		10	1,11	28	80
		15	1,275	28	90
		20	1,44	30	100
		25	1,635	30	110
		30	1,83	30	120
		35	1,96	30	130
		40	2,09	32	140
		45	2,22	34	150
		50	2,35	38	160
		55	2,55	38	170
		60	2,75	40	180
		65	2,945	42	200
		70	3,14	60	220
		75	3,335	64	250
		80	3,53	80	280
85	3,635	110	320		
20	58,34	0	0,784	28	60
		5	0,947	30	70
		10	1,11	30	80
		15	1,275	30	90
		20	1,44	30	100
		25	1,635	32	110
		30	1,83	34	120
		35	1,96	34	130
		40	2,09	36	140
		45	2,22	38	150

Продовження таблиці 3.2

Покази ротаметра по воді РС-5 №531	Щільність зрошення L, м ³ /м ² год.)	Покази ротаметра по повітряю, %	Швидкість повітря, w, м/с	Гідравлічний опір, ΔP, кг/м ² .	Висота газорідинного шару, H, мм
		50	2,35	40	160
		55	2,55	42	170
		60	2,75	44	190
		65	2,945	70	250
		70	3,14	90	310
25	66,415	0	0,784	30	70
		5	0,947	30	80
		10	1,11	32	90
		15	1,275	32	100
		20	1,44	34	110
		25	1,635	34	120
		30	1,83	36	130
		35	1,96	38	140
		40	2,09	40	150
		45	2,22	40	160
		50	2,35	42	170
		55	2,55	44	180
		60	2,75	80	270
		65	2,945	110	320
30	74,49	0	0,784	30	70
		5	0,947	30	80
		10	1,11	34	90
		15	1,275	38	100
		20	1,44	38	110
		25	1,635	38	120
		30	1,83	40	130
		35	1,96	40	140
		40	2,09	42	150
		45	2,22	44	160
		50	2,35	44	170
		55	2,55	80	200
		60	2,75	90	240
		65	2,945	120	320
35	82,565	0	0,784	32	70
		5	0,947	34	80
		10	1,11	34	90
		15	1,275	34	100
		20	1,44	34	110

Продовження таблиці 3.2

Покази ротаметра по воді РС-5 №531	Щільність зрошення L, м ³ /(м ² год.)	Покази ротаметра по повітрю, %	Швидкість повітря, w, м/с	Гідравлічний опір, ΔP , кг/м ² .	Висота газорідинного шару, H, мм
		25	1,635	36	120
		30	1,83	40	130
		35	1,96	40	140
		40	2,09	42	150
		45	2,22	44	160
		50	2,35	46	170
		55	2,55	100	260
		60	2,75	120	340
40	90,64	0	0,784	38	90
		5	0,947	40	100
		10	1,11	40	110
		15	1,275	40	120
		20	1,44	40	130
		25	1,635	42	140
		30	1,83	44	150
		35	1,96	70	190
		40	2,09	90	210
		45	2,22	110	270

Таблиця 3.3

Експериментальні параметри, $f = 36\%$ (Ротамер РС-3)

Покази ротаметра по воді Ротамер РС-3	Щільність зрошення L, м ³ /(м ² год.)	Покази ротаметра по повітрю, %	Швидкість повітря, w, м/с	Гідравлічний опір, ΔP , кг/м ² .	Висота газорідинного шару, H, мм
30	5,01	0	0,784	10	4
		5	0,947	10	4
		10	1,11	10	4
		15	1,275	10	4
		20	1,44	12	6
		25	1,635	14	10
		30	1,83	14	20
		35	1,96	16	50
		40	2,09	18	60
		45	2,22	20	70
		50	2,35	22	80
		55	2,55	24	90
		60	2,75	24	100

Продовження таблиці 3.3

Покази ротаметра по воді Ротаметр РС-3	Щільність зрошення L, м ³ /(м ² год.)	Покази ротаметра по повітряю, %	Швидкість повітря, w, м/с	Гідравлічний опір, ΔP, кг/м ² .	Висота газорідинного шару, H, мм
		65	2,945	24	110
		70	3,14	24	120
		75	3,335	26	130
		80	3,53	26	140
		85	3,635	30	150
		90	3,74	32	160
50	6,91	0	0,784	7	4
		5	0,947	8	4
		10	1,11	10	10
		15	1,275	12	20
		20	1,44	14	40
		25	1,635	14	50
		30	1,83	14	60
		35	1,96	14	70
		40	2,09	16	80
		45	2,22	18	90
		50	2,35	20	100
		55	2,55	22	110
		60	2,75	22	120
		65	2,945	24	130
		70	3,14	24	140
		75	3,335	26	150
		80	3,53	28	160
		85	3,635	34	170
		90	3,74	40	180
90	11,71	0	0,784	7	1
		5	0,947	7	10
		10	1,11	7	30
		15	1,275	8	40
		20	1,44	8	50
		25	1,635	10	60
		30	1,83	10	70
		35	1,96	12	80
		40	2,09	14	90
		45	2,22	18	100
		50	2,35	20	110
		55	2,55	22	120
		60	2,75	24	130

Продовження таблиці 3.3

Покази ротаметра по воді Ротаметр РС-3	Щільність зрошення L, м ³ /(м ² год.)	Покази ротаметра по повітрю, %	Швидкість повітря, w, м/с	Гідравлічний опір, ΔP , кг/м ² .	Висота газорідинного шару, H, мм
		65	2,945	26	140
		70	3,14	26	150
		75	3,335	34	160
		80	3,53	40	180
		85	3,635	50	200

Таблиця 3.4
Експериментальні параметри, $f = 36\%$ (Ротаметр РС-5)

Покази ротаметра по воді РС-5 №531	Щільність зрошення L, м ³ /(м ² год.)	Покази ротаметра по повітрю, %	Швидкість повітря, w, м/с	Гідравлічний опір, ΔP , кг/м ² .	Висота газорідинного шару, H, мм
0	26,04	0	0,784	10	30
		5	0,947	20	50
		10	1,11	26	60
		15	1,275	28	70
		20	1,44	28	80
		25	1,635	28	90
		30	1,83	28	100
		35	1,96	30	110
		40	2,09	30	120
		45	2,22	30	130
		50	2,35	32	140
		55	2,55	36	150
		60	2,75	38	160
		65	2,945	48	180
		70	3,14	66	200
		75	3,335	74	230
		80	3,53	100	300
10	42,19	0	0,784	28	60
		5	0,947	30	70
		10	1,11	32	90
		15	1,275	32	100
		20	1,44	32	110
		25	1,635	32	120
		30	1,83	36	130
		35	1,96	38	140
		40	2,09	38	150

Продовження таблиці 3.4

Покази ротаметра по воді РС-5 №531	Щільність зрошення L, м ³ /(м ² год.)	Покази ротаметра по повітрю, %	Швидкість повітря, w, м/с	Гідравлічний опір, ΔP , кг/м ² .	Висота газорідинного шару, H, мм
		45	2,22	40	160
		50	2,35	44	170
		55	2,55	60	190
		60	2,75	70	230
		65	2,945	90	300
20	58,34	0	0,784	24	60
		5	0,947	30	70
		10	1,11	32	80
		15	1,275	34	90
		20	1,44	34	100
		25	1,635	34	110
		30	1,83	34	120
		35	1,96	36	130
		40	2,09	34	140
		45	2,22	60	170
		50	2,35	80	200
		55	2,55	100	300
25	66,415	0	0,784	26	60
		5	0,947	28	70
		10	1,11	30	80
		15	1,275	30	90
		20	1,44	34	100
		25	1,635	34	110
		30	1,83	36	120
		35	1,96	40	130
		40	2,09	60	160
		45	2,22	74	210
		50	2,35	90	240
		30	74,49	0	0,784
5	0,947			36	70
10	1,11			38	80
15	1,275			40	90
20	1,44			40	100
25	1,635			40	110
30	1,83			44	120
35	1,96			60	140
40	2,09			80	180

Продовження таблиці 3.4

Покази ротаметра по воді РС-5 №531	Щільність зрошення L, м ³ /(м ² год.)	Покази ротаметра по повітрю, %	Швидкість повітря, w, м/с	Гідравлічний опір, ΔP, кг/м ² .	Висота газорідного шару, H, мм
35	82,565	0	0,784	30	70
		5	0,947	40	80
		10	1,11	40	90
		15	1,275	40	100
		20	1,44	46	120
		25	1,635	56	140
		30	1,83	64	170
		35	1,96	80	200
40	90,64	0	0,784	36	70
		5	0,947	40	90
		10	1,11	50	100
		15	1,275	50	110
		20	1,44	60	140
		25	1,635	70	180
		30	1,83	80	200
		35	1,96	100	250

Таблиця 3.5
Експериментальні параметри, f = 30% (Ротаметр РС-3)

Покази ротаметра по воді Ротаметр РС-3	Щільність зрошення L, м ³ /(м ² год.)	Покази ротаметра по повітрю, %	Швидкість повітря, w, м/с	Гідравлічний опір, ΔP, кг/м ² .	Висота газорідного шару, H, мм
30	5,01	0	0,784	16	40
		5	0,947	20	50
		10	1,11	22	60
		15	1,275	24	70
		20	1,44	26	80
		25	1,635	28	90
		30	1,83	28	100
		35	1,96	28	110
		40	2,09	28	120
		45	2,22	30	130
		50	2,35	30	140
		55	2,55	32	150
		60	2,75	32	160
		65	2,945	34	170
		70	3,14	36	180

Продовження таблиці 3.5

Покази ротаметра по воді Ротаметр РС-3	Щільність зрошення L, м ³ /(м ² год.)	Покази ротаметра по повітрю, %	Швидкість повітря, w, м/с	Гідравлічний опір, ΔP, кг/м ² .	Висота газорідинного шару, H, мм
		75	3,335	36	190
		80	3,53	40	200
		85	3,635	44	210
		90	3,74	46	220
50	6,91	0	0,784	16	40
		5	0,947	20	60
		10	1,11	22	70
		15	1,275	24	80
		20	1,44	26	90
		25	1,635	28	100
		30	1,83	28	110
		35	1,96	28	120
		40	2,09	30	130
		45	2,22	30	140
		50	2,35	32	150
		55	2,55	34	160
		60	2,75	36	170
		65	2,945	36	180
		70	3,14	38	190
		75	3,335	38	200
		80	3,53	40	210
		85	3,635	46	230
		90	3,74	50	240
		90	11,71	0	0,784
5	0,947			26	80
10	1,11			28	90
15	1,275			30	100
20	1,44			30	110
25	1,635			30	120
30	1,83			30	130
35	1,96			32	140
40	2,09			34	150
45	2,22			36	160
50	2,35			36	170
55	2,55			36	180
60	2,75			38	190
65	2,945			40	200
70	3,14			42	210
75	3,335			44	220

Продовження таблиці 3.5

Покази ротаметра по воді Ротаметр РС-3	Щільність зрошення L, м ³ /(м ² год.)	Покази ротаметра по повітрю, %	Швидкість повітря, w, м/с	Гідравлічний опір, ΔP, кг/м ² .	Висота газорідного шару, H, мм
		80	3,53	48	230
		85	3,635	56	250
		90	3,74	64	270

Таблиця 3.6

Експериментальні параметри, $f = 30\%$ (Ротаметр РС-5)

Покази ротаметра по воді РС-5 №531	Щільність зрошення L, м ³ /(м ² год.)	Покази ротаметра по повітрю, %	Швидкість повітря, w, м/с	Гідравлічний опір, ΔP, кг/м ² .	Висота газорідного шару, H, мм
0	26,04	0	0,784	30	80
		5	0,947	32	90
		10	1,11	36	100
		15	1,275	36	110
		20	1,44	38	120
		25	1,635	42	130
		30	1,83	44	140
		35	1,96	46	150
		40	2,09	46	160
		45	2,22	50	170
		50	2,35	52	180
		55	2,55	60	200
		60	2,75	76	240
		65	2,945	80	260
		70	3,14	90	300
10	42,19	0	0,784	32	80
		5	0,947	40	90
		10	1,11	40	100
		15	1,275	44	110
		20	1,44	48	120
		25	1,635	56	140
		30	1,83	64	170
		35	1,96	70	190
		40	2,09	78	210
		45	2,22	90	250
		50	2,35	110	300

Продовження таблиці 3.6

Покази ротаметра по воді РС-5 №531	Щільність зрошення L, м ³ /(м ² год.)	Покази ротаметра по повітрю, %	Швидкість повітря, w, м/с	Гідравлічний опір, ΔP, кг/м ² .	Висота газорідного шару, H, мм
20	58,34	0	0,784	40	70
		5	0,947	46	90
		10	1,11	60	120
		15	1,275	70	140
		20	1,44	80	180
		25	1,635	90	200
		30	1,83	100	230
		35	1,96	130	300
25	66,415	0	0,784	44	80
		5	0,947	54	100
		10	1,11	66	130
		15	1,275	74	160
		20	1,44	96	220
		25	1,635	110	300
		30	1,83	130	300
30	74,49	0	0,784	50	100
		5	0,947	60	120
		10	1,11	70	150
		15	1,275	90	180
		20	1,44	110	220
35	82,565	0	0,784	65	120
		5	0,947	80	150
		10	1,11	94	180
		15	1,275	104	210
40	90,64	0	0,784	70	130
		5	0,947	80	160
		10	1,11	100	200
		15	1,275	150	300

Таблиця 3.7
Експериментальні параметри, $f = 25,4\%$ (Ротаметр РС-3)

Покази ротаметра по воді Ротаметр РС-3	Щільність зрошення L, м ³ /(м ² год.)	Покази ротаметра по повітрю, %	Швидкість повітря, w, м/с	Гідравлічний опір, ΔP, кг/м ² .	Висота газорідного шару, H, мм
30	5,01	0	0,784	1	4
		5	0,947	10	30
		10	1,11	16	50
		15	1,275	24	60

Продовження таблиці 3.7

Покази ротаметра по воді Ротаметр РС-3	Щільність зрошення L, м ³ /(м ² год.)	Покази ротаметра по повітрю, %	Швидкість повітря, w, м/с	Гідравлічний опір, ΔP, кг/м ² .	Висота газорідинного шару, H, мм
		20	1,44	26	70
		25	1,635	30	80
		30	1,83	30	90
		35	1,96	30	100
		40	2,09	32	110
		45	2,22	32	120
		50	2,35	34	130
		55	2,55	36	140
		60	2,75	36	150
		65	2,945	40	160
		70	3,14	40	170
		75	3,335	42	180
		80	3,53	44	200
		85	3,635	46	210
90	3,74	50	220		
50	6,91	0	0,784	24	50
		5	0,947	26	70
		10	1,11	28	80
		15	1,275	28	90
		20	1,44	28	100
		25	1,635	28	110
		30	1,83	30	120
		35	1,96	32	130
		40	2,09	36	140
		45	2,22	36	150
		50	2,35	40	160
		55	2,55	40	170
		60	2,75	40	180
		65	2,945	40	190
		70	3,14	40	200
		75	3,335	44	210
		80	3,53	46	220
		85	3,635	50	230
90	3,74	58	250		
90	11,71	0	0,784	26	70
		5	0,947	30	80
		10	1,11	30	90
		15	1,275	32	100
		20	1,44	34	110

Продовження таблиці 3.7

Покази ротаметра по воді Ротаметр РС-3	Щільність зрошення L , $\text{м}^3/(\text{м}^2\text{год.})$	Покази ротаметра по повітрю, %	Швидкість повітря, w , м/с	Гідравлічний опір, ΔP , $\text{кг}/\text{м}^2$.	Висота газорідинного шару, H , мм
		25	1,635	36	120
		30	1,83	36	130
		35	1,96	38	140
		40	2,09	38	150
		45	2,22	40	160
		50	2,35	40	170
		55	2,55	42	180
		60	2,75	44	190
		65	2,945	46	200
		70	3,14	50	210
		75	3,335	56	220
		80	3,53	58	230
		85	3,635	70	250
		90	3,74	90	300

Таблиця 3.8
Експериментальні параметри, $f = 25,4\%$ (Ротаметр РС-5)

Покази ротаметра по воді РС-5 №531	Щільність зрошення L , $\text{м}^3/(\text{м}^2\text{год.})$	Покази ротаметра по повітрю, %	Швидкість повітря, w , м/с	Гідравлічний опір, ΔP , $\text{кг}/\text{м}^2$.	Висота газорідинного шару, H , мм
0	26,04	0	0,784	35	80
		5	0,947	40	90
		10	1,11	40	100
		15	1,275	46	110
		20	1,44	50	130
		25	1,635	54	140
		30	1,83	58	160
		35	1,96	62	170
		40	2,09	68	190
		45	2,22	74	200
		50	2,35	80	230
		55	2,55	84	260
		60	2,75	100	300
10	42,19	0	0,784	50	100
		5	0,947	50	110
		10	1,11	60	130

Продовження таблиці 3.8

Покази ротаметра по воді РС-5 №531	Щільність зрошення L, м ³ /(м ² год.)	Покази ротаметра по повітрю, %	Швидкість повітря, w, м/с	Гідравлічний опір, ΔP, кг/м ² .	Висота газорідного шару, H, мм
		15	1,275	60	150
		20	1,44	70	170
		25	1,635	70	180
		30	1,83	80	200
		35	1,96	100	250
20	58,34	0	0,784	46	110
		5	0,947	60	130
		10	1,11	70	150
		15	1,275	80	170
		20	1,44	90	200
		25	1,635	110	240
25	66,415	0	0,784	54	110
		5	0,947	70	140
		10	1,11	80	160
		15	1,275	90	210
		20	1,44	110	250
30	74,49	0	0,784	60	120
		5	0,947	80	150
		10	1,11	90	170
		15	1,275	120	250
35	82,565	0	0,784	70	140
		5	0,947	90	170
		10	1,11	120	240
		15	1,275	150	300
40	90,64	0	0,784	80	160
		5	0,947	100	190
		10	1,11	150	290

Таблиця 3.9
Експериментальні параметри, $f = 14,6\%$ (Ротаметр РС-3)

Покази ротаметра по воді Ротаметр РС-3	Щільність зрошення L, м ³ /(м ² год.)	Покази ротаметра по повітрю, %	Швидкість повітря, w, м/с	Гідравлічний опір, ΔP, кг/м ² .	Висота газорідного шару, H, мм
30	5,01	0	0,784	24	60
		5	0,947	26	70
		10	1,11	30	80
		15	1,275	36	90

Продовження таблиці 3.9

Покази ротаметра по воді Ротаметр РС-3	Щільність зрошення L, м ³ /(м ² год.)	Покази ротаметра по повітрю, %	Швидкість повітря, w, м/с	Гідравлічний опір, ΔP, кг/м ² .	Висота газорідинного шару, H, мм
		20	1,44	40	100
		25	1,635	40	110
		30	1,83	42	120
		35	1,96	44	130
		40	2,09	50	140
		45	2,22	56	150
		50	2,35	62	160
		55	2,55	70	170
		60	2,75	74	180
		65	2,945	80	190
		70	3,14	90	200
		75	3,335	96	220
		80	3,53	104	250
		85	3,635	126	300
50	6,91	0	0,784	30	70
		5	0,947	34	80
		10	1,11	36	90
		15	1,275	40	100
		20	1,44	44	110
		25	1,635	48	120
		30	1,83	52	130
		35	1,96	56	140
		40	2,09	62	150
		45	2,22	64	160
		50	2,35	70	180
		55	2,55	76	190
		60	2,75	80	210
		65	2,945	90	230
70	3,14	100	260		
75	3,335	130	300		
90	11,71	0	0,784	35	80
		5	0,947	40	100
		10	1,11	40	110
		15	1,275	44	120
		20	1,44	50	130
		25	1,635	52	140
		30	1,83	56	150
		35	1,96	62	160
		40	2,09	70	180

Продовження таблиці 3.9

Покази ротаметра по воді Ротаметр РС-3	Щільність зрошення L, м ³ /(м ² год.)	Покази ротаметра по повітрю, %	Швидкість повітря, w, м/с	Гідравлічний опір, ΔP, кг/м ² .	Висота газорідного шару, H, мм
		45	2,22	76	200
		50	2,35	80	210
		55	2,55	100	240
		60	2,75	110	270

Таблиця 3.10

Експериментальні параметри, $f = 14,6\%$ (Ротаметр РС-5)

Покази ротаметра по воді РС-5 №531	Щільність зрошення L, м ³ /(м ² год.)	Покази ротаметра по повітрю, %	Швидкість повітря, w, м/с	Гідравлічний опір, ΔP, кг/м ² .	Висота газорідного шару, H, мм
0	26,04	0	0,784	40	100
		5	0,947	48	110
		10	1,11	54	120
		15	1,275	70	140
		20	1,44	76	160
		25	1,635	84	180
		30	1,83	96	240
		35	1,96	120	270
5	34,115	0	0,784	50	110
		5	0,947	60	120
		10	1,11	70	140
		15	1,275	80	160
		20	1,44	90	180
		25	1,635	140	300
		80	3,53		
		85	3,635		
		90	3,74		
		95	4,025		
		100	4,31		
10	42,19	0	0,784	56	110
		5	0,947	74	130
		10	1,11	84	150
		15	1,275	110	200

Продовження таблиці 3.10

Покази ротаметра по воді РС-5 №531	Щільність зрошення L , $\text{м}^3/(\text{м}^2\text{год.})$	Покази ротаметра по повітрю, %	Швидкість повітря, w , м/с	Гідравлічний опір, ΔP , кг/м^2 .	Висота газорідного шару, H , мм
20	58,34	0	0,784	70	130
		5	0,947	80	160
		10	1,11	130	270
25	66,415	0	0,784	80	160
		5	0,947	110	210
		10	1,11	150	290
30	74,49	0	0,784	100	190
		5	0,947	140	270
		10	1,11	160	310
35	82,565	0	0,784	120	230
		5	0,947	140	270
		10	1,11	180	350
40	90,64	0	0,784	150	290

Таблиця 3.11

Розрахункові параметри, $f = 42,25\%$

Щільність зрошення L , $\text{м}^3/(\text{м}^2\text{год.})$	Швидкість повітря, w , м/с	Опір сухої тарілки, $\Delta P_{\text{сух}}$, кг/м^2	Висота статичного стовпа рідини $h_{\text{ст}}$, мм	Середній газовміст, φ
5,01	3,635	6,790925	10,97908	0,908508
	3,74	7,188914	18,58109	0,883868
	4,025	8,326296	21,4437	0,880868
6,91	1,11	0,633237	5,136763	0,828775
	1,275	0,835488	4,934512	0,876637
	1,44	1,065725	6,704275	0,865914
	1,635	1,373901	6,396099	0,893398
	1,83	1,721164	6,048836	0,913588
	1,96	1,974387	7,795613	0,902555
	2,09	2,244981	7,525019	0,916389
	2,22	2,532947	9,237053	0,907629
	2,35	2,838284	8,931716	0,918803
	2,55	3,341954	10,42805	0,9131
	2,75	3,88674	9,88326	0,923975
2,945	4,457493	11,31251	0,919196	

Продовження таблиці 3.11

Щільність зрошення L, м ³ /(м ² год.)	Швидкість повітря, w, м/с	Опір сухої тарілки, ΔP _{сух} , кг/м ²	Висота статичного стовпа рідини h _{ст} , мм	Середній газовміст, φ	
	3,14	5,067332	10,70267	0,928649	
	3,335	5,716257	12,05374	0,924664	
	3,53	6,404268	11,36573	0,933143	
	3,635	6,790925	18,97908	0,90011	
	3,74	7,188914	22,58109	0,892471	
11,71	1,11	0,633237	3,136763	0,921581	
	1,275	0,835488	2,934512	0,94131	
	1,44	1,065725	4,704275	0,921595	
	1,635	1,373901	4,396099	0,937199	
	1,83	1,721164	6,048836	0,92439	
	1,96	1,974387	7,795613	0,913382	
	2,09	2,244981	9,525019	0,90475	
	2,22	2,532947	11,23705	0,897845	
	2,35	2,838284	10,93172	0,908902	
	2,55	3,341954	12,42805	0,9044	
	2,75	3,88674	13,88326	0,900834	
	2,945	4,457493	13,31251	0,91125	
	3,14	5,067332	12,70267	0,920608	
	3,335	5,716257	18,05374	0,893802	
	3,53	6,404268	21,36573	0,881301	
	3,635	6,790925	22,97908	0,879057	
	3,74	7,188914	24,58109	0,877095	
	4,025	8,326296	29,4437	0,866165	
	26,4	0,784	0,315902	15,4541	0,742432
		0,947	0,460914	17,30909	0,752727
1,11		0,633237	17,13676	0,78579	
1,275		0,835488	16,93451	0,811839	
1,44		1,065725	18,70428	0,812957	
1,635		1,373901	18,3961	0,832763	
1,83		1,721164	18,04884	0,849593	
1,96		1,974387	17,79561	0,863111	
2,09		2,244981	19,52502	0,860536	
2,22		2,532947	19,23705	0,871753	

Продовження таблиці 3.11

Щільність зрошення L, мЗ/(м2год.)	Швидкість повітря, w, м/с	Опір сухої тарілки, $\Delta P_{\text{сух}}$, кг/м2	Висота статичного стовпа рідини $h_{\text{ст}}$, мм	Середній газовміст, ф
	2,35	2,838284	20,93172	0,869177
	2,55	3,341954	22,42805	0,86807
	2,75	3,88674	23,88326	0,867315
	2,945	4,457493	25,31251	0,866776
	3,14	5,067332	26,70267	0,866487
	3,335	5,716257	30,05374	0,856887
	3,53	6,404268	31,36573	0,857428
	3,635	6,790925	54,97908	0,803646
	3,74	7,188914	64,58109	0,8043
42,19	0,784	0,315902	17,4541	0,709098
	0,947	0,460914	19,30909	0,724156
	1,11	0,633237	19,13676	0,76079
	1,275	0,835488	18,93451	0,789617
	1,44	1,065725	20,70428	0,792957
	1,635	1,373901	20,3961	0,814581
	1,83	1,721164	20,04884	0,832926
	1,96	1,974387	19,79561	0,847726
	2,09	2,244981	21,52502	0,84625
	2,22	2,532947	23,23705	0,845086
	2,35	2,838284	26,93172	0,831677
	2,55	3,341954	26,42805	0,844541
	2,75	3,88674	27,88326	0,845093
	2,945	4,457493	29,31251	0,853437
	3,14	5,067332	46,70267	0,787715
	3,335	5,716257	50,05374	0,799785
	3,53	6,404268	65,36573	0,766551
	3,635	6,790925	94,97908	0,70319
58,23	0,784	0,315902	19,4541	0,675765
	0,947	0,460914	21,30909	0,695584
	1,11	0,633237	21,13676	0,73579
	1,275	0,835488	20,93451	0,767394
	1,44	1,065725	20,70428	0,792957
	1,635	1,373901	22,3961	0,796399

Продовження таблиці 3.11

Щільність зрошення L, м3/(м2год.)	Швидкість повітря, w, м/с	Опір сухої тарілки, $\Delta P_{\text{сух}}$, кг/м2	Висота статичного стовпа рідини $h_{\text{ст}}$, мм	Середній газовміст, ф
	1,83	1,721164	24,04884	0,799593
	1,96	1,974387	23,79561	0,816957
	2,09	2,244981	25,52502	0,817678
	2,22	2,532947	27,23705	0,81842
	2,35	2,838284	28,93172	0,819177
	2,55	3,341954	30,42805	0,821011
	2,75	3,88674	31,88326	0,832193
	2,945	4,457493	57,31251	0,77075
	3,14	5,067332	76,70267	0,752572
66,415	0,784	0,315902	21,4541	0,693513
	0,947	0,460914	21,30909	0,733636
	1,11	0,633237	23,13676	0,742925
	1,275	0,835488	22,93451	0,770655
	1,44	1,065725	24,70428	0,775416
	1,635	1,373901	24,3961	0,796699
	1,83	1,721164	26,04884	0,799624
	1,96	1,974387	27,79561	0,80146
	2,09	2,244981	29,52502	0,803167
	2,22	2,532947	29,23705	0,817268
	2,35	2,838284	30,93172	0,818049
	2,55	3,341954	32,42805	0,819844
	2,75	3,88674	67,88326	0,748581
	3,375	4,457493	97,31251	0,695898
74,49	0,784	0,315902	21,4541	0,693513
	0,947	0,460914	21,30909	0,733636
	1,11	0,633237	25,13676	0,720703
	1,275	0,835488	28,93451	0,710655
	1,44	1,065725	28,70428	0,739052
	1,635	1,373901	28,3961	0,763366
	1,83	1,721164	30,04884	0,768855
	1,96	1,974387	29,79561	0,787174
	2,09	2,244981	31,52502	0,789833
	2,22	2,532947	33,23705	0,792268
	2,35	2,838284	32,93172	0,806284

Продовження таблиці 3.11

Щільність зрошення L, мЗ/(м2год.)	Швидкість повітря, w, м/с	Опір сухої тарілки, $\Delta P_{\text{сух}}$, кг/м2	Висота статичного стовпа рідини $h_{\text{ст}}$, мм	Середній газовміст, ф
	2,55	3,341954	68,42805	0,65786
	2,75	3,88674	77,88326	0,675486
	2,945	4,457493	107,3125	0,664648
82,565	0,784	0,315902	23,4541	0,664941
	0,947	0,460914	25,30909	0,683636
	1,11	0,633237	25,13676	0,720703
	1,275	0,835488	24,93451	0,750655
	1,44	1,065725	24,70428	0,775416
	1,635	1,373901	26,3961	0,780033
	1,83	1,721164	30,04884	0,768855
	1,96	1,974387	29,79561	0,787174
	2,09	2,244981	31,52502	0,789833
	2,22	2,532947	33,23705	0,792268
	2,35	2,838284	34,93172	0,794519
	2,55	3,341954	88,42805	0,659892
	2,75	3,88674	107,8833	0,682696
90,64	0,784	0,315902	29,4541	0,672732
	0,947	0,460914	31,30909	0,686909
	1,11	0,633237	31,13676	0,716939
	1,275	0,835488	30,93451	0,742212
	1,44	1,065725	30,70428	0,763813
	1,635	1,373901	32,3961	0,768599
	1,83	1,721164	34,04884	0,773008
	1,96	1,974387	59,79561	0,685286
	2,09	2,244981	79,52502	0,621309
	2,22	2,532947	99,23705	0,632455

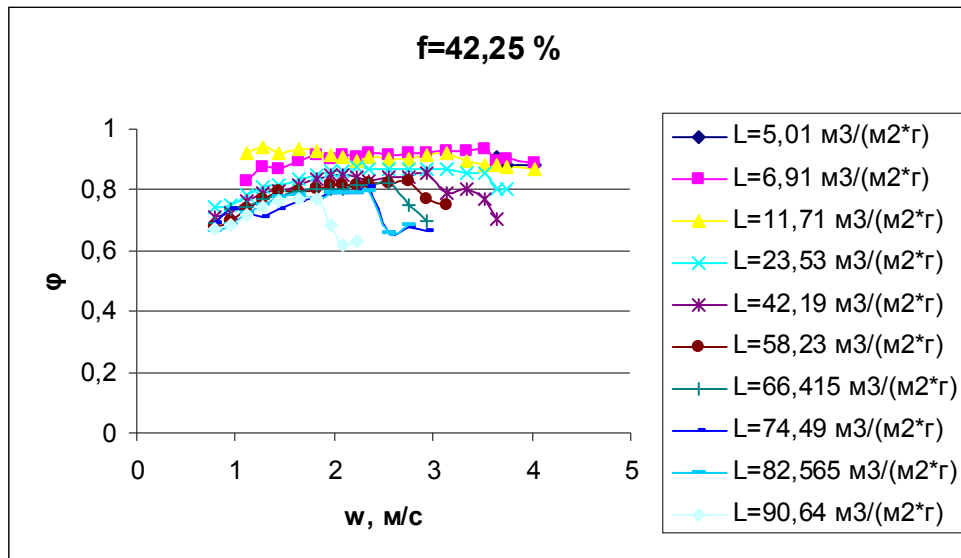


Рис. 3.1. Залежність $\varphi = f(w)$ для тарілки з $f = 42,25\%$

Таблиця 3.12

Розрахункові параметри, $f = 36\%$

Щільність зрошення L, м3/(м2год.)	Швидкість повітря, w, м/с	Опір сухої решітки, $\Delta P_{\text{сух.}}$, кг/м ²	Висота статичного стовпа рідини $h_{\text{ст}}$, мм	Середній газовміст, φ
5,01	1,635	1,892361	6,235639	0,376436
	1,83	2,370668	5,757332	0,712133
	1,96	2,719447	7,408553	0,851829
	2,09	3,092154	9,035846	0,849403
	2,22	3,488787	10,63921	0,848011
	2,35	3,909347	12,21865	0,847267
	2,55	4,603084	13,52492	0,849723
	2,75	5,353452	12,77455	0,872255
	2,945	6,139586	11,98841	0,891014
	3,14	6,979556	11,14844	0,907096
	3,335	7,873361	12,25464	0,905734
	3,53	8,821002	11,307	0,919236
	3,635	9,353568	14,77443	0,901504
	3,74	9,901744	16,22626	0,898586
6,91	1,11	0,872197	3,255803	0,67442
	1,275	1,150771	4,977229	0,751139
	1,44	1,46789	6,66011	0,833497
	1,635	1,892361	6,235639	0,875287
	1,83	2,370668	5,757332	0,904044

Продовження таблиці 3.12

Щільність зрошення L, мЗ/(м2год.)	Швидкість повітря, w, м/с	Опір сухої решітки, $\Delta P_{\text{сух.}}$, кг/м ²	Висота статичного стовпа рідини $h_{\text{ст}}$, мм	Середній газовміст, ф
	1,96	2,719447	5,408553	0,922735
	2,09	3,092154	7,035846	0,912052
	2,22	3,488787	8,639213	0,904009
	2,35	3,909347	10,21865	0,897813
	2,55	4,603084	11,52492	0,895228
	2,75	5,353452	10,77455	0,910212
	2,945	6,139586	11,98841	0,907781
	3,14	6,979556	11,14844	0,920368
	3,335	7,873361	12,25464	0,918302
	3,53	8,821002	13,307	0,916831
	3,635	9,353568	18,77443	0,889562
	3,74	9,901744	24,22626	0,86541
11,71	0,784	0,435112	0,692888	0,307112
	0,947	0,634846	0,493154	0,950685
	1,11	0,872197	0,255803	0,991473
	1,275	1,150771	0,977229	0,975569
	1,44	1,46789	0,66011	0,986798
	1,635	1,892361	2,235639	0,962739
	1,83	2,370668	1,757332	0,974895
	1,96	2,719447	3,408553	0,957393
	2,09	3,092154	5,035846	0,944046
	2,22	3,488787	8,639213	0,913608
	2,35	3,909347	10,21865	0,907103
	2,55	4,603084	11,52492	0,903959
	2,75	5,353452	12,77455	0,901734
	2,945	6,139586	13,98841	0,900083
	3,14	6,979556	13,14844	0,912344
	3,335	7,873361	20,25464	0,873409
	3,53	8,821002	25,307	0,859406
3,635	9,353568	34,77443	0,826128	
26,04	0,784	0,435112	3,692888	0,876904
	0,947	0,634846	13,49315	0,730137
	1,11	0,872197	19,2558	0,67907

Продовження таблиці 3.12

Щільність зрошення L, мЗ/(м2год.)	Швидкість повітря, w, м/с	Опір сухої решітки, $\Delta P_{\text{сух.}}$, кг/м ²	Висота статичного стовпа рідини $h_{\text{ст}}$, мм	Середній газовміст, ф
	1,275	1,150771	20,97723	0,700325
	1,44	1,46789	20,66011	0,741749
	1,635	1,892361	20,23564	0,77516
	1,83	2,370668	19,75733	0,802427
	1,96	2,719447	21,40855	0,805377
	2,09	3,092154	21,03585	0,824701
	2,22	3,488787	20,63921	0,841237
	2,35	3,909347	22,21865	0,841295
	2,55	4,603084	25,52492	0,829834
	2,75	5,353452	26,77455	0,832659
	2,945	6,139586	35,98841	0,800064
	3,14	6,979556	53,14844	0,734258
	3,335	7,873361	60,25464	0,738023
	3,53	8,821002	85,307	0,715643
42,19	0,784	0,435112	21,69289	0,638452
	0,947	0,634846	23,49315	0,664384
	1,11	0,872197	25,2558	0,71938
	1,275	1,150771	24,97723	0,750228
	1,44	1,46789	24,66011	0,775817
	1,635	1,892361	24,23564	0,798036
	1,83	2,370668	27,75733	0,786482
	1,96	2,719447	29,40855	0,789939
	2,09	3,092154	29,03585	0,806428
	2,22	3,488787	30,63921	0,808505
	2,35	3,909347	34,21865	0,798714
	2,55	4,603084	49,52492	0,739343
	2,75	5,353452	58,77455	0,744458
	2,945	6,139586	77,98841	0,740039
58,34	0,784	0,435112	17,69289	0,705119
	0,947	0,634846	23,49315	0,664384
	1,11	0,872197	25,2558	0,684302
	1,275	1,150771	26,97723	0,700253
	1,44	1,46789	26,66011	0,733399
	1,635	1,892361	26,23564	0,761494

Продовження таблиці 3.12

Щільність зрошення L, мЗ/(м2год.)	Швидкість повітря, w, м/с	Опір сухої решітки, $\Delta P_{\text{сух.}}$, кг/м ²	Висота статичного стовпа рідини $h_{\text{ст}}$, мм	Середній газовміст, ф
	1,83	2,370668	25,75733	0,785356
	1,96	2,719447	27,40855	0,789165
	2,09	3,092154	25,03585	0,821173
	2,22	3,488787	50,63921	0,702122
	2,35	3,909347	70,21865	0,648907
	2,55	4,603084	89,52492	0,701584
66,415	0,784	0,435112	19,69289	0,671785
	0,947	0,634846	21,49315	0,692955
	1,11	0,872197	23,2558	0,709302
	1,275	1,150771	22,97723	0,744697
	1,44	1,46789	26,66011	0,733399
	1,635	1,892361	26,23564	0,761494
	1,83	2,370668	27,75733	0,768689
	1,96	2,719447	31,40855	0,758396
	2,09	3,092154	51,03585	0,681026
	2,22	3,488787	64,63921	0,692194
	2,35	3,909347	80,21865	0,665756
74,49	0,784	0,435112	25,69289	0,571785
	0,947	0,634846	29,49315	0,578669
	1,11	0,872197	31,2558	0,609302
	1,275	1,150771	32,97723	0,633586
	1,44	1,46789	32,66011	0,673399
	1,635	1,892361	32,23564	0,706949
	1,83	2,370668	35,75733	0,702022
	1,96	2,719447	51,40855	0,632796
	2,09	3,092154	71,03585	0,605356
82,565	0,784	0,435112	23,69289	0,66153
	0,947	0,634846	33,49315	0,581336
	1,11	0,872197	33,2558	0,630491
	1,275	1,150771	32,97723	0,670228
	1,44	1,46789	38,66011	0,677832
	1,635	1,892361	48,23564	0,65546
	1,83	2,370668	55,75733	0,672016
	1,96	2,719447	71,40855	0,642957

Продовження таблиці 3.12

Щільність зрошення L, м3/(м2год.)	Швидкість повітря, w, м/с	Опір сухої решітки, $\Delta P_{\text{сух.}}$, кг/м ²	Висота статичного стовпа рідини $h_{\text{ст}}$, мм	Середній газовміст, ϕ
90,64	0,784	0,435112	29,69289	0,575816
	0,947	0,634846	33,49315	0,627854
	1,11	0,872197	43,2558	0,567442
	1,275	1,150771	42,97723	0,609298
	1,44	1,46789	52,66011	0,623856
	1,635	1,892361	62,23564	0,654246
	1,83	2,370668	71,75733	0,641213
	1,96	2,719447	91,40855	0,634366

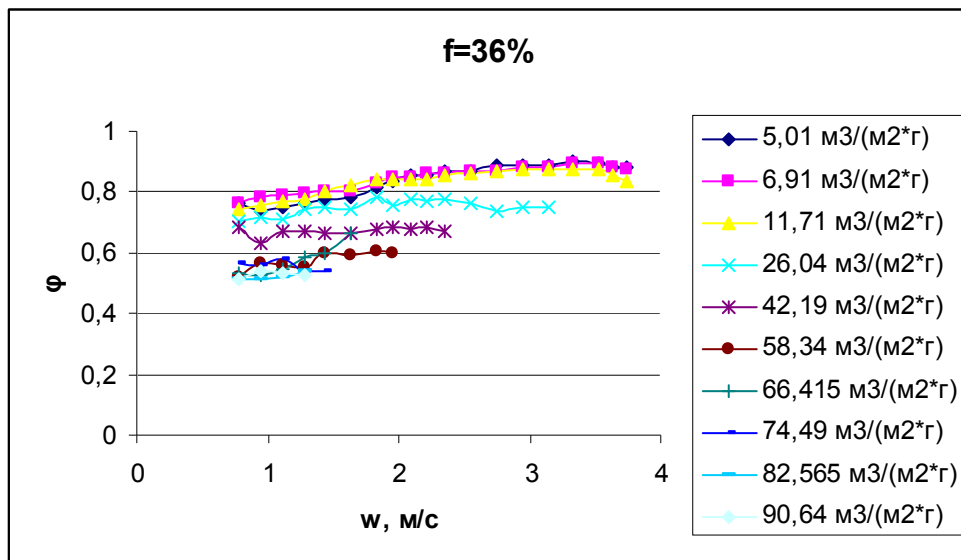


Рис. 3.2. Залежність $\phi = f(w)$ для тарілки з $f = 36\%$

Таблиця 3.13

Розрахункові параметри, $f = 30\%$

Щільність зрошення L, м3/(м2год.)	Швидкість повітря, w, м/с	Опір сухої решітки, $\Delta P_{\text{сух.}}$, кг/м ²	Висота статичного стовпа рідини $h_{\text{ст}}$, мм	Середній газовміст, ϕ
5,01	0,784	0,626561	9,501439	0,762464
	0,947	0,914178	13,21382	0,735724
	1,11	1,255963	14,87204	0,752133
	1,275	1,65711	16,47089	0,764702
	1,44	2,113761	18,01424	0,774822
	1,635	2,725	19,403	0,784411

Продовження таблиці 3.13

Щільність зрошення L, мЗ/(м2год.)	Швидкість повітря, w, м/с	Опір сухої решітки, $\Delta P_{\text{сух.}}$, кг/м ²	Висота статичного стовпа рідини $h_{\text{ст}}$, мм	Середній газовміст, ф
	1,83	3,413761	18,71424	0,812858
	1,96	3,916004	18,212	0,834436
	2,09	4,452701	17,6753	0,852706
	2,22	5,023853	19,10415	0,853045
	2,35	5,62946	18,49854	0,867868
	2,55	6,62844	19,49956	0,870003
	2,75	7,70897	18,41903	0,884881
	2,945	8,841004	19,287	0,886547
	3,14	10,05056	20,07744	0,888459
	3,335	11,33764	18,79036	0,901103
	3,53	12,70224	21,42576	0,892871
	3,635	13,46914	24,65886	0,882577
	3,74	14,25851	25,86949	0,882411
6,91	0,784	0,626561	9,501439	0,762464
	0,947	0,914178	13,21382	0,77977
	1,11	1,255963	14,87204	0,787542
	1,275	1,65711	16,47089	0,794114
	1,44	2,113761	18,01424	0,799842
	1,635	2,725	19,403	0,80597
	1,83	3,413761	18,71424	0,829871
	1,96	3,916004	18,212	0,848233
	2,09	4,452701	19,6753	0,848652
	2,22	5,023853	19,10415	0,863542
	2,35	5,62946	20,49854	0,863343
	2,55	6,62844	21,49956	0,865628
	2,75	7,70897	22,41903	0,868123
	2,945	8,841004	21,287	0,881739
	3,14	10,05056	22,07744	0,883803
	3,335	11,33764	20,79036	0,896048
	3,53	12,70224	21,42576	0,897973
3,635	13,46914	26,65886	0,884092	
3,74	14,25851	29,86949	0,875544	
11,71	0,784	0,626561	15,50144	0,741643
	0,947	0,914178	19,21382	0,759827

Продовження таблиці 3.13

Щільність зрошення L, м3/(м2год.)	Швидкість повітря, w, м/с	Опір сухої решітки, $\Delta P_{\text{сух.}}$, кг/м ²	Висота статичного стовпа рідини $h_{\text{ст}}$, мм	Середній газовміст, ф
	1,11	1,255963	20,87204	0,768088
	1,275	1,65711	22,47089	0,775291
	1,44	2,113761	22,01424	0,799871
	1,635	2,725	21,403	0,821642
	1,83	3,413761	20,71424	0,84066
	1,96	3,916004	22,212	0,841343
	2,09	4,452701	23,6753	0,842165
	2,22	5,023853	25,10415	0,843099
	2,35	5,62946	24,49854	0,855891
	2,55	6,62844	23,49956	0,869447
	2,75	7,70897	24,41903	0,871479
	2,945	8,841004	25,287	0,873565
	3,14	10,05056	26,07744	0,875822
	3,335	11,33764	26,79036	0,878226
	3,53	12,70224	29,42576	0,872062
	3,635	13,46914	36,65886	0,853365
3,74	14,25851	43,86949	0,83752	
26,04	0,784	0,626561	23,50144	0,706232
	0,947	0,914178	25,21382	0,719846
	1,11	1,255963	28,87204	0,71128
	1,275	1,65711	28,47089	0,741174
	1,44	2,113761	30,01424	0,749881
	1,635	2,725	33,403	0,743054
	1,83	3,413761	34,71424	0,752041
	1,96	3,916004	36,212	0,758587
	2,09	4,452701	35,6753	0,777029
	2,22	5,023853	39,10415	0,769976
	2,35	5,62946	40,49854	0,775008
	2,55	6,62844	47,49956	0,762502
	2,75	7,70897	62,41903	0,739921
	2,945	8,841004	65,287	0,748896
3,14	10,05056	74,07744	0,753075	
42,19	0,784	0,626561	25,50144	0,681232
	0,947	0,914178	33,21382	0,630958

Продовження таблиці 3.13

Щільність зрошення L, м3/(м2год.)	Швидкість повітря, w, м/с	Опір сухої решітки, $\Delta P_{\text{сух.}}$, кг/м ²	Висота статичного стовпа рідини $h_{\text{ст}}$, мм	Середній газовміст, ф
	1,11	1,255963	32,87204	0,67128
	1,275	1,65711	36,47089	0,668446
	1,44	2,113761	40,01424	0,666548
	1,635	2,725	47,403	0,661407
	1,83	3,413761	54,71424	0,678152
	1,96	3,916004	60,212	0,683095
	2,09	4,452701	67,6753	0,677737
	2,22	5,023853	79,10415	0,683583
	2,35	5,62946	98,49854	0,671672
58,34	0,784	0,626561	33,50144	0,521408
	0,947	0,914178	39,21382	0,564291
	1,11	1,255963	52,87204	0,5594
	1,275	1,65711	62,47089	0,553779
	1,44	2,113761	72,01424	0,599921
	1,635	2,725	81,403	0,592985
	1,83	3,413761	90,71424	0,60559
	1,96	3,916004	120,212	0,599293
66,415	0,784	0,626561	37,50144	0,531232
	0,947	0,914178	47,21382	0,527862
	1,11	1,255963	58,87204	0,547138
	1,275	1,65711	66,47089	0,584557
	1,44	2,113761	88,01424	0,599935
	1,635	2,725	101,403	0,66199
74,49	0,784	0,626561	43,50144	0,564986
	0,947	0,914178	53,21382	0,556551
	1,11	1,255963	62,87204	0,580853
	1,275	1,65711	82,47089	0,541828
	1,44	2,113761	102,0142	0,536299
82,565	0,784	0,626561	58,50144	0,512488
	0,947	0,914178	73,21382	0,511908
	1,11	1,255963	86,87204	0,517378
	1,275	1,65711	96,47089	0,540615
90,64	0,784	0,626561	63,50144	0,511527
	0,947	0,914178	73,21382	0,542414

Продовження таблиці 3.13

Щільність зрошення L , м ³ /(м ² год.)	Швидкість повітря, w , м/с	Опір сухої решітки, $\Delta P_{\text{сух.}}$, кг/м ²	Висота статичного стовпа рідини $h_{\text{ст}}$, мм	Середній газовміст, ϕ
	1,11	1,255963	92,87204	0,53564
	1,275	1,65711	142,4709	0,525097

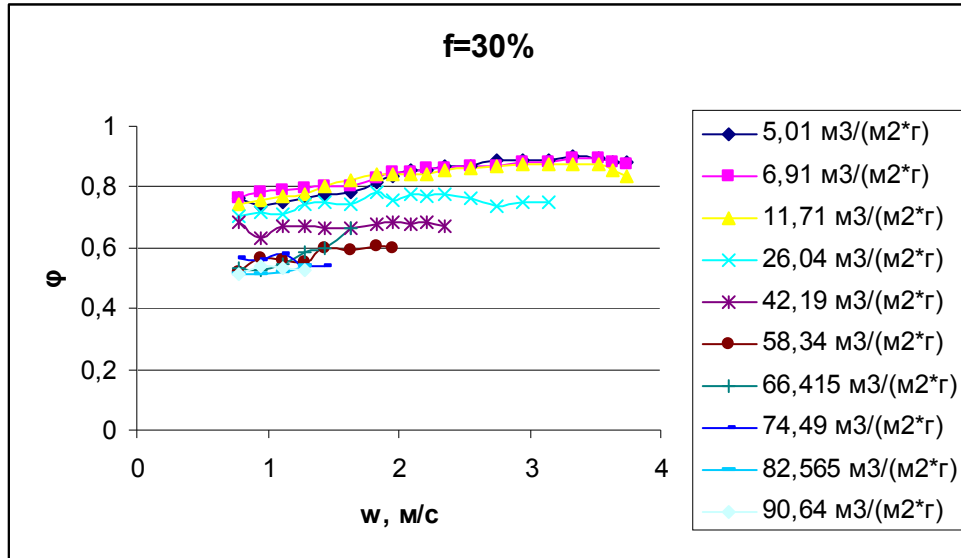


Рис. 3.3. Залежність $\phi = f(w)$ для тарілки з $f = 30\%$

Таблиця 3.14

Розрахункові параметри, $f = 25,4\%$

Щільність зрошення L , м ³ /(м ² год.)	Швидкість повітря, w , м/с	Опір сухої решітки, $\Delta P_{\text{сух.}}$, кг/м ²	Висота статичного стовпа рідини $h_{\text{ст}}$, мм	Середній газовміст, ϕ
5,01	1,11	1,752072	8,375928	0,832481
	1,275	2,311673	15,81633	0,736395
	1,44	2,948703	17,1793	0,754581
	1,635	3,801383	20,32662	0,745917
	1,83	4,762207	19,36579	0,784825
	1,96	5,462837	18,66516	0,813348
	2,09	6,211531	19,91647	0,818941
	2,22	7,008289	19,11971	0,840669
	2,35	7,853112	20,27489	0,844039
	2,55	9,246693	20,88131	0,850848
	2,75	10,75404	19,37396	0,87084
	2,945	12,33323	21,79477	0,863783

Продовження таблиці 3.14

Щільність зрошення L, мЗ/(м2год.)	Швидкість повітря, w, м/с	Опір сухої решітки, $\Delta P_{\text{сух.}}$, кг/м ²	Висота статичного стовпа рідини $h_{\text{ст}}$, мм	Середній газоміст, φ
	3,14	14,02056	20,10744	0,881721
	3,335	15,81604	20,31196	0,887156
	3,53	17,71966	20,40834	0,897958
	3,635	18,78949	21,33851	0,898388
	3,74	19,89066	24,23734	0,88983
6,91	0,784	0,874054	17,25395	0,654921
	0,947	1,275281	18,85272	0,730675
	1,11	1,752072	20,37593	0,745301
	1,275	2,311673	19,81633	0,779819
	1,44	2,948703	19,1793	0,808207
	1,635	3,801383	18,32662	0,833394
	1,83	4,762207	19,36579	0,838618
	1,96	5,462837	20,66516	0,841037
	2,09	6,211531	23,91647	0,829168
	2,22	7,008289	23,11971	0,845869
	2,35	7,853112	26,27489	0,835782
	2,55	9,246693	24,88131	0,853639
	2,75	10,75404	23,37396	0,870145
	2,945	12,33323	21,79477	0,885291
	3,14	14,02056	20,10744	0,899463
	3,335	15,81604	22,31196	0,893753
	3,53	17,71966	22,40834	0,898144
	3,635	18,78949	25,33851	0,889833
	3,74	19,89066	32,23734	0,871051
11,71	0,784	0,874054	19,25395	0,724944
	0,947	1,275281	22,85272	0,714341
	1,11	1,752072	22,37593	0,751379
	1,275	2,311673	23,81633	0,761837
	1,44	2,948703	25,1793	0,771097
	1,635	3,801383	26,32662	0,780612
	1,83	4,762207	25,36579	0,804879
	1,96	5,462837	26,66516	0,809535
	2,09	6,211531	25,91647	0,827224
	2,22	7,008289	27,11971	0,830502

Продовження таблиці 3.14

Щільність зрошення L, мЗ/(м2год.)	Швидкість повітря, w, м/с	Опір сухої решітки, $\Delta P_{\text{сух.}}$, кг/м ²	Висота статичного стовпа рідини $h_{\text{ст}}$, мм	Середній газовміст, φ
	2,35	7,853112	26,27489	0,845442
	2,55	9,246693	26,88131	0,850659
	2,75	10,75404	27,37396	0,855927
	2,945	12,33323	27,79477	0,861026
	3,14	14,02056	30,10744	0,856631
	3,335	15,81604	34,31196	0,844037
	3,53	17,71966	34,40834	0,850399
	3,635	18,78949	45,33851	0,818646
	3,74	19,89066	64,23734	0,785876
26,04	0,784	0,874054	28,25395	0,646826
	0,947	1,275281	32,85272	0,63497
	1,11	1,752072	32,37593	0,676241
	1,275	2,311673	37,81633	0,656215
	1,44	2,948703	41,1793	0,683236
	1,635	3,801383	44,32662	0,683381
	1,83	4,762207	47,36579	0,703964
	1,96	5,462837	50,66516	0,70197
	2,09	7,008289	55,11971	0,709896
	2,22	7,853112	60,27489	0,698626
	2,35	9,246693	64,88131	0,717907
	2,55	10,75404	67,37396	0,740869
	2,75	12,33323	81,79477	0,727351
42,19	0,784	0,874054	43,25395	0,567461
	0,947	1,275281	42,85272	0,61043
	1,11	1,752072	52,37593	0,597108
	1,275	2,311673	51,81633	0,654558
	1,44	2,948703	61,1793	0,640122
	1,635	3,801383	60,32662	0,664852
	1,83	4,762207	69,36579	0,653171
	1,96	5,462837	88,66516	0,645339
58,34	0,784	0,874054	39,25395	0,643146
	0,947	1,275281	52,85272	0,593441
	1,11	1,752072	62,37593	0,58416
	1,275	2,311673	71,81633	0,577551

Продовження таблиці 3.14

Щільність зрошення L, м3/(м2год.)	Швидкість повітря, w, м/с	Опір сухої решітки, $\Delta P_{\text{сух.}}$, кг/м ²	Висота статичного стовпа рідини $h_{\text{ст}}$, мм	Середній газоміст, ϕ
	1,44	2,948703	81,1793	0,594104
	1,635	3,801383	100,3266	0,581972
66,415	0,784	0,874054	47,25395	0,570419
	0,947	1,275281	62,85272	0,551052
	1,11	1,752072	72,37593	0,54765
	1,275	2,311673	81,81633	0,610398
	1,44	2,948703	101,1793	0,595283
74,49	0,784	0,874054	53,25395	0,556217
	0,947	1,275281	72,85272	0,514315
	1,11	1,752072	82,37593	0,515436
	1,275	2,311673	111,8163	0,552735
82,565	0,784	0,874054	63,25395	0,548186
	0,947	1,275281	82,85272	0,512631
	1,11	1,752072	112,3759	0,531767
	1,275	2,311673	141,8163	0,527279
90,64	0,784	0,874054	73,25395	0,542163
	0,947	1,275281	92,85272	0,511301
	1,11	1,752072	142,3759	0,509049

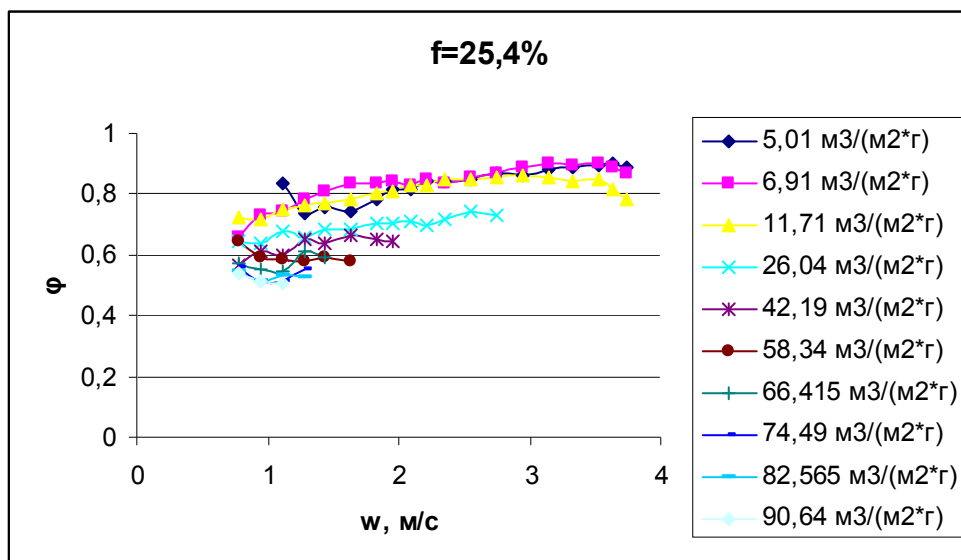


Рис. 3.4. Залежність $\phi = f(w)$ для тарілки з $f = 25,4\%$

Таблиця 3.15

Розрахункові параметри, $f = 14,6\%$

Щільність зрошення L , мЗ/(м ² год.)	Швидкість повітря, w , м/с	Опір сухої решітки, $\Delta P_{\text{сух.}}$, кг/м ²	Висота статичного стовпа рідини $h_{\text{ст}}$, мм	Середній газовміст, φ
5,01	0,784	2,645452	15,48255	0,741958
	0,947	3,859826	16,26817	0,767598
	1,11	5,302904	18,8251	0,764686
	1,275	6,996618	23,13138	0,742985
	1,44	8,924682	25,20332	0,747967
	1,635	11,50544	22,62256	0,79434
	1,83	14,41352	21,71448	0,819046
	1,96	16,53408	21,59392	0,833893
	2,09	18,80011	25,32789	0,819086
	2,22	21,21162	28,91638	0,807224
	2,35	23,7686	32,3594	0,797754
	2,55	27,98647	36,14153	0,787403
	2,75	32,54866	35,57934	0,802337
	2,945	37,32832	36,79968	0,806317
	3,14	42,43528	41,69272	0,791536
	3,335	47,86956	42,25844	0,807916
	3,53	53,63116	44,49684	0,822013
3,635	56,86913	63,25887	0,789137	
6,91	0,784	2,645452	21,48255	0,693106
	0,947	3,859826	24,26817	0,696648
	1,11	5,302904	24,8251	0,724166
	1,275	6,996618	27,13138	0,728686
	1,44	8,924682	29,20332	0,734515
	1,635	11,50544	30,62256	0,744812
	1,83	14,41352	31,71448	0,756042
	1,96	16,53408	33,59392	0,760043
	2,09	18,80011	37,32789	0,751147
	2,22	21,21162	36,91638	0,769273
	2,35	23,7686	40,3594	0,775781
	2,55	27,98647	42,14153	0,778202
	2,75	32,54866	41,57934	0,802003
	2,945	37,32832	46,79968	0,796523

Продовження таблиці 3.15

Щільність зрошення L, мЗ/(м2год.)	Швидкість повітря, w, м/с	Опір сухої решітки, $\Delta P_{\text{сух.}}$, кг/м ²	Висота статичного стовпа рідини $h_{\text{ст}}$, мм	Середній газоміст, ф
	3,14	42,43528	51,69272	0,801182
	3,335	47,86956	76,25844	0,745805
11,71	0,784	2,645452	26,48255	0,668968
	0,947	3,859826	30,26817	0,697318
	1,11	5,302904	28,8251	0,737954
	1,275	6,996618	31,13138	0,740572
	1,44	8,924682	35,20332	0,729205
	1,635	11,50544	34,62256	0,752696
	1,83	14,41352	35,71448	0,761903
	1,96	16,53408	39,59392	0,752538
	2,09	18,80011	45,32789	0,748178
	2,22	21,21162	48,91638	0,755418
	2,35	23,7686	50,3594	0,760193
	2,55	27,98647	66,14153	0,72441
26,04	0,784	2,645452	31,48255	0,685175
	0,947	3,859826	38,26817	0,652108
	1,11	5,302904	42,8251	0,643124
	1,275	6,996618	57,13138	0,591919
	1,44	8,924682	61,20332	0,617479
	1,635	11,50544	66,62256	0,629875
	1,83	14,41352	75,71448	0,684523
	1,96	16,53408	97,59392	0,638541
34,115	0,784	2,645452	41,48255	0,622886
	0,947	0,914178	53,21382	0,556551
	1,11	1,255963	62,87204	0,550914
	1,275	1,65711	72,47089	0,547057
	1,44	2,113761	82,01424	0,544365
	1,635	2,725	131,403	0,56199
42,19	0,784	2,636271	47,49173	0,568257
	0,947	3,846431	64,28157	0,505526
	1,11	5,284501	72,8435	0,514377
	1,275	6,972337	97,15566	0,514222
58,34	0,784	2,645452	61,48255	0,527057

Продовження таблиці 3.15

Щільність зрошення L , м ³ /(м ² год.)	Швидкість повітря, w , м/с	Опір сухої решітки, $\Delta P_{\text{сух.}}$, кг/м ²	Висота статичного стовпа рідини $h_{\text{ст}}$, мм	Середній газовміст, φ
	0,947	3,859826	70,26817	0,560824
	1,11	5,302904	118,8251	0,559907
66,415	0,784	2,645452	71,48255	0,553234
	0,947	3,859826	100,2682	0,522533
	1,11	5,302904	138,8251	0,521293
74,49	0,784	2,645452	91,48255	0,518513
	0,947	3,859826	130,2682	0,517525
	1,11	5,302904	148,8251	0,519919
82,565	0,784	2,645452	111,4825	0,515293
	0,947	3,859826	130,2682	0,517525
	1,11	5,302904	168,8251	0,517643
90,64	0,784	2,645452	141,4825	0,512129

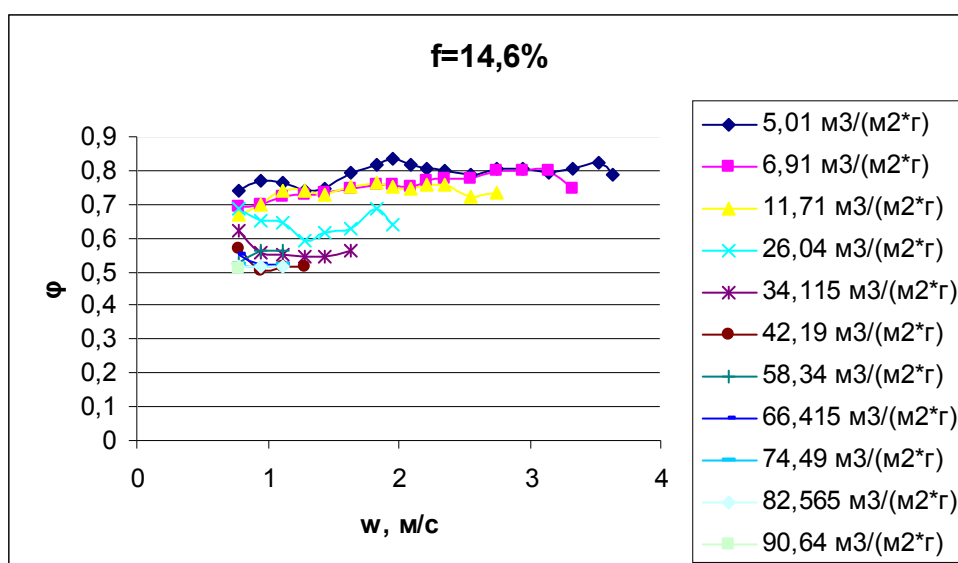


Рис. 3.5. Залежність $\varphi = f(w)$ для тарілки з $f=14,6\%$

4. ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ РОБОТІ В ЛАБОРАТОРІЇ

1. Вимоги безпеки під час виконання експериментів.

У лабораторіях кафедри устаткування хімічних підприємств
ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ:

1.1. включати і вимикати випробувальне устаткування без дозволу викладача або інженера кафедри;

1.2. торкатися до струмопровідних частин установок, електроприводів, електропроводів і кабелів;

1.3. торкатися до рухомих частин випробувальних машин і лабораторних установок;

1.4. відгвинчувати, загвинчувати вентилі, рукоятки, маховики, сигнальні лампи, електрозапобіжники лабораторного устаткування;

1.5. збірка і розбирання установок, що знаходяться під електронапругою;

1.6. залишати працюючі (включені) установки без нагляду;

1.7. знаходитися в лабораторіях у верхньому одязі, складати верхній одяг на лабораторному устаткуванні;

1.8. захарашувати проходи між лабораторними установками особистими речами (портфелями, сумками);

1.9. знімати захищаючі кожухи деталей або електричних пускорегулюючих пристроїв, що обертаються.

1.10. у приміщеннях лабораторій забороняється приймати їжу.

2. Вимоги безпеки перед початком роботи

2.1. перед початком роботи необхідно надіти спецодяг;

2.2. перевірити з'єднання електроустаткуванні з контуром захисного заземлення /занулення/, його справність, полягання інструменту, автоматичних вимикачів, розеток, вилок, освітлення, а також наявність первинних засобів пожежогасіння;

2.3. при експлуатації електроустаткування необхідно суворо керуватися правилами, висловленими в техпаспорті;

2.4. при виявленні несправностей електроустаткування, приладів, стендів, захисного заземлення негайно повідомити про це зав. кафедрою або зав. лабораторією.

3. Вимоги безпеки під час виконання роботи

3.1. студентам дозволяється працювати тільки на справному електроустаткуванні;

3.2. відключення від мережі проводити, тільки узявшись за роз'єм, вилку або фішку щоб уникнути короткого замикання і можливого при цьому нещасного випадку /опіку/;

3.3. забороняється виймати штепсельні роз'єми, вилки, фішки, узявшись за дрiт;

3.4. забороняється працювати на електроустаткуванні у вологому одязі, вологими руками;

3.5. забороняється залишати без нагляду, ремонтувати і переносити включене в мережу електроустаткування;

3.6. забороняється підключати декілька споживачів електричної енергії до однієї штепсельної розетки щоб уникнути перевантаження електричної мережі і виникнення загоряння;

3.7. забороняється заміна запобіжників, що перегоріли, "жучками".

Необхідно застосовувати тільки запобіжники заводського виготовлення, що калібруються;

3.8. забороняється захаращувати підступи до електричних пристроїв, шафам, автоматичним вимикачам, розеткам, а також відкривати їх;

3.9. при раптовому припиненні подачі електроенергії всі вимикачі і важелі повинні бути негайно вимкнені;

3.10. не допускається залишати неізольованими оголені дроти, перенавантажувати електромережу, користуватися розбитими вилками, розетками, вимикачами;

3.11. роботи по ремонту апаратури і проведення експериментів на відкритих схемах з небезпечною для життя напругою виконувати тільки удвох;

3.12. робоче місце тримати в сухому і чистому стані;

3.13. при виявленні несправностей електроустаткування, вимірювальних приладів, стендів, за відсутності їх заземлення, а також при появі іскріння або характерного запаху перегрітої ізоляції, негайно знеструмити їх і повідомити про це керівника робіт або обслуговуючий персонал;

3.14. приступати до роботи дозволяється тільки після усунення помічених несправностей електроустаткування, вимірювальних приладів і стендів.

4. Вимоги безпеки після закінчення роботи

4.1. після закінчення роботи вимкнути електроприлади, відключити від мережі лабораторні стенди;

4.2. вимкнути всі автоматичні вимикачі, відключити подовжувачі мережі 220 V, що використовуються;

4.3. один раз в квартал проводити очищення від пилу і бруду за допомогою пилососа або щітки вузлів персональних комп'ютерів;

4.4. забороняється проводити очищення від пилу і бруду включене в мережу електроустаткування;

4.5. після закінчення роботи зняти спецодяг і помістити його в спеціально відведене місце;

4.6. при відході з приміщення необхідно вимкнути всі споживачі електроенергії;

4.7. привести в порядок робоче місце;

4.8. здати ключі від лабораторії на вахту.

4.9. Про знайдені під час роботи і після закінчення роботи несправності і негаразди електроустаткування повідомити керівника занять або обслуговуючий персонал.

5. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

При роботі з електроустаткуванням на кафедрі МОПІ можливі наступні аварійні ситуації:

- ураження електричним струмом;
- займання горючих матеріалів.

Працівники і студенти зобов'язані знати розташування засобів пожежогасіння і уміти ними користуватися. При пожежі:

- негайно знеструмити все електроустаткування загальним автоматичним вимикачем;
- негайно евакуювати в безпечне місце людей; повідомити про пожежу по тел.101; 4-34-17 в пожежну команду;
- розпочати гасіння пожежі первинними засобами пожежогасіння;
- негайно повідомити про те, що відбулося безпосереднього керівника;
- гасити електроустаткування вуглекислотними вогнегасниками /ВВу/, порошковими /ВП/ або сухим піском; гасити електроустаткування і дроти водою забороняється.

У разі ураження електрострумом слід негайно знеструмити електроустаткування і викликати швидку допомогу по тел. 103. Працівники і студенти зобов'язані знати заходи надання першої допомоги потерпілому при поразці електрострумом і уміти надати її при необхідності. Негайно повідомити про нещасний випадок безпосереднього керівника робіт, зав. кафедрою або зав. лабораторіями.

ВИСНОВКИ

1. Проведені дослідження середнього газовмісту на тарілках з вільним перерізом $f = 14,6\%$, $25,4\%$, 30% , 36% та $42,25\%$ в широкому діапазоні навантажень за газом та рідиною на колоні з діаметром $D = 0,057$ м.

2. Підтверджено три режими роботи тарілок провального типу: режим рівномірного барботажу, режим рухомого газорідинного шару та режим захлинання [4].

3. Встановлено, що більшим значенням середнього газовмісту відповідає менша ефективність тарілок провального типу.

4. Встановлено, що середня ефективність тарілок провального типу не буде зменшуватися при збільшенні навантаження по рідині.

5. Встановлено, що середнім значенням газовмісту $\varphi \approx 0,8$ відповідає середня ефективність $\eta \approx 0,75$. В цьому випадку тарілки провального типу, встановлені в колоні діаметром $D = 0,057$ м будуть володіти високою ефективністю до вільного перерізу рівного $f = 36\%$ при навантаженнях по газу і рідині, які використовуються в промислових умовах.

6. Встановлено, що середній газовміст на тарілках провального типу збільшується зі збільшенням вільного перерізу тарілок провального типу для всіх навантажень по рідині, особливо понад $f > 36\%$. Слід при цьому очікувати зменшення ефективності тарілок провального типу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тарат Э.Я., Мухленов И.П., Туболкин А.Ф., Тумаркина Е.С. Пенный режим и пенные аппараты: Л. Химия, 1977, 304 с
2. Удельный вес газожидкостной эмульсии на решетчатых тарелках / Зелинский Ю.Г. , Кафаров В.В. – ЖПХ. - 1962, № 9. - С. 1989-1995.
3. Сравнительная оценка работы насадочных и ситчатых колонн и их моделирование.– В.В. Кафаров ЖПХ, XXVIII, 12, 1255–1265 (1955).
4. Тараненко Г. В. Гидравлические и массообменные характеристики тарелок провального типа с различным диаметром отверстий: монография. - Луганск: изд-во ВНУ им. В. Даля, 2013. – 174 с.
5. Тараненко Г.В. Диссертация. ГИАП, 1984.