

УДК 655.1/3:54-188:546.212

*В. О. Канагін, І. І. Конюхова, В. Ф. Кохан, Н. В. Ярка**Українська академія друкарства***ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ОСНОВІ  
ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ ФІЗИЧНИХ ЕФЕКТІВ***Розглядаються напрямки інтенсифікації технологічних процесів у поліграфії.**Інтенсифікація, технологічні процеси, фізичний ефект, поліграфія*

Сьогодні, у час бурхливого розвитку поліграфії, важливим фактором є зниження трудомісткості, енергоємності та матеріаломісткості технологічних процесів. Одним із шляхів вирішення цих проблем є використання різних фізико-хімічних ефектів, зокрема для активації води — одного з найпоширеніших середовищ у поліграфії [5].

Мета нашого дослідження — подати інформацію про науково обґрунтовані методи вдосконалення та інтенсифікації технологічних процесів, що базуються на активації технологічних середовищ.

У результаті проведених аналітичних досліджень і вивчення літературних джерел окреслюємо деякі з найефективніших методів активації води.

**Ефект нестаціонарності** [7]. Суть методу полягає в тому, що при певних змінах основних режимних параметрів процесу (періодичні коливання із заданими частотою, амплітудою, формою імпульсу та зсувом фаз) змінюються і середні показники, які викликають (залежно від величини і знаку фазового ефекту) прискорення (інтенсифікацію) процесу загалом або його сповільнення (придушення). Досліджено впливи нестаціонарностей трьох видів — гідравлічної, температурної і концентраційної — на багато гідромеханічних процесів і процеси тепломасоперенесення: фільтрування при змінному тиску, конвективний теплообмін при гідравлічних пульсаціях, пульсаційну екстракцію, імпульсну зміну температури при сушінні, інтенсифікацію кипіння коливаннями тиску і гідравлічними пульсаціями та ін.

**Ефект пульсації.** За наявності зворотних струмів у перерізі трубопроводу з пульсуючим протіканням рідини внаслідок згасання пульсаційної складової швидкості вздовж потоку виникають негативні перепади тиску. Вони відіграють роль пульсаційного рушійного натиску, що знижує загальний перепад тиску й обумовлює компенсацію значної частини енергії, витраченої на генерацію пульсацій. Дослідженнями пульсуючих течій у техніці для інтенсифікації технологічних процесів встановлено: ефективні режими, які істотно знижують і навіть практично виключають утворення накипу в теплообмінниках і підігрівачах; режими пульсуючої течії, що змивають накип з поверхні нагріву і забезпечують очищення нагрівачів без їх зупинки через переведення у режим пульсаційної роботи, при якому деколи спостерігалися і режими кавітацій, пульсаційні методи інтенсифікації конвективного теплообміну, теплообміну при кипінні, фільтрування, екстракції, масообміну в рідких і газоподібних середовищах.

**Дифузія пари.** У потоці рідини в трубах теплообмінників при вдуванні газу або повітря утворюються газові порожнини. Дифузія пари в ці порожнини викликає інтенсифікацію конвективного теплообміну від стінки до рідини. Висока інтенсивність конвективної тепловіддачі від поверхні охолодження до газо- або повітряно-рідинного потоку в бульбашковому режимі течії, окрім застосування в теплообмінних апаратах, може бути досить ефективно використана для боротьби з кавітацією, що викликає значний інтерес в сучасній техніці.

**Запобігання утворенню або зниженню утворення накипу в трубах вдуванням газу або повітря в потік рідини, що нагрівається [3].** Зниження відкладень на поверхні нагріву газорідинних теплообмінників обумовлене властивостями газорідинних сумішей, в ядрі потоку яких концентруються газові бульбашки, знижується температура, відбувається посилене пароутворення унаслідок дифузії пари в газові порожнини.

**Ковзання фаз і зниження втрат тиску.** Цей ефект виявляється при перебігу двофазних газо- і парорідинних сумішей у середині каналів і труб з шорсткими стінками і полягає в тому, що із збільшенням шорсткості стінок каналів перепад тиску зростає в значно меншій мірі, ніж при протіканні однофазних рідин. Причиною цього явища є гальмування плівки рідини біля шорстких стінок і збільшення ковзання газу в ядрі потоку, яке викликає зменшення дійсного газовмісту потоку і дійсної швидкості рідкої фази основного носія маси. При цьому швидкість газової фази підвищується [4].

**Ефект розчинення в рідині адсорбованого на поверхні газу або повітря.** Виявляється при вдуванні або підсмоктуванні газу чи повітря в потік рідини в невеликих кількостях (0,2–0,7%) й активізує центри утворення пари та інтенсифікує теплообмін при кипінні в трубах. У результаті дослідження впливу вдування повітря на інтенсивність теплообміну виявлена область із значною інтенсифікацією тепловіддачі. Експерименти показали, що при невеликих витратах повітря (або газу), які вводяться, вплив здійснює не газоподібне, а розчинене повітря.

**Вплив електрокінетичного хімічного потенціалу на інтенсивність паротворення на металевих поверхнях** за рахунок електролізу рідини в тріщинах — центрах зародження парових бульбашок. Суть цього ефекту полягає в тому, що зародження парової фази в дрібних тріщинах стимулюється на початковій стадії виділенням газу з рідини, яке не є наслідком адсорбції його твердою поверхнею з рідини, а результатом часткового електролізу рідини під дією різниці потенціалів між рідиною і металом поверхні нагріву — результатом прояву електрокінетичного або хімічного потенціалу. Електрична природа зародження і зростання парової фази відкриває можливості для інтенсифікації процесу кипіння зовнішнім електричним полем.

**Ефект електричних явищ при фазових перетвореннях.** Використовується для прискорення процесів дифузії, екстракції, кипіння, конденсації, адсорбції, кристалізації в електричному і магнітному полях [7]. Суть його полягає в тому, що в граничному шарі поблизу межі розділу фаз з'являється шар електричних зарядів, які сприяють підвищенню концентрації речовини. Наприклад,

на межі кристал — розчин — подвійний електричний шар шари Нернста та Гельмгольца–Штерна сприяють перенесенню речовини, яка кристалізується, з розчину на поверхню кристала. Зовнішнє електричне поле залежно від його направленості і напруги може інтенсифікувати або пригнічувати процес кристалізації [7].

**Ефект підвищення рН рідкого середовища при всіх видах його активації.** При вивченні різних методів дії на рідкі середовища, зокрема воду, для її активації (дезінтеграція, кавітація, намагнічування, дія електричного поля через проникну перегородку з утворенням катодної води, вакуумування, швидко охолоджене кипляче середовище, дія ефекту Юткіна та ін.) встановлено, що при всіх способах активації спостерігається один і той же результат: без додавання луку рН води підвищується до 12–13. Різні методи активації обумовлюють різну тривалість збереження підвищених значень рН середовища (стійкість активації). Наприклад, тала і каталітна вода зберігають підвищені значення рН до 4–6 діб, при інших методах активації води — лише до 35–40 хв.

**Ефект взаємного послаблення активації (деактивації) при послідовному накладенні двох різних методів.** Накладення двох різних методів активації середовища, наприклад води, тобто послідовне за часом їх застосування при певному поєднанні не тільки не збільшує загальний сумарний ефект активації (рН середовища), а навпаки, взаємно послаблює цей ефект і призводить до зниження рН середовища від вихідного його значення до початку активації першим методом. Наприклад, активована до рН=12 каталітна вода після дезінтеграції (обробки дезінтегратором) повернулася до початкового рН=6,5–7.

**Ефект прискорення (інтенсифікація) процесів екстракції, кипіння, розчинення в активованому рідкому середовищі.** Попередня активація середовища, наприклад води, яка в подальшому використовується для процесів екстракції, кипятіння, розчинення, кристалізації, спричиняє прискорення цих процесів. Наприклад, при екстракції цільових компонентів з рослинної сировини (цукор, крохмаль, масло та ін.) за допомогою активованої води досягається високий ступінь їх виділення, збільшується концентрація середовища і прискорюється процес. Активована вода швидше закипає. Бетон, виготовлений на активованій воді, міцніший і швидше твердне.

**Ефект полідисперсності.** Дрібні частинки полідисперсного середовища при нагріванні в процесі адсорбції досягають температур і концентрацій, значення яких вище відповідних показників навколишніх частинок середовища [7]. Ефект виявляється при безперервному зниженні температури або концентрації навколишнього середовища. За допомогою сепарації дрібних частинок у процесі адсорбції або нагрівання можна забезпечити повне і навіть надлишкове (порівняно з рівноважним) використання потенціалу навколишнього середовища.

**Ефект самоінтенсифікації тепломасообміну акустичними коливаннями, спричиненими в рідині при кипінні, барботажі і кавітації бульбашками (паровими або газовими), які утворюються і тріскають.** Дія цього ефекту підтверджується дослідженнями і виявляється в прямому зв'язку між

інтенсивністю тепломасоперенесення і рівнем акустичного шуму [6]. Так, при дослідженні процесу ректифікації спирту було виявлено чіткий зв'язок між рівнем акустичного шуму і концентрацією спирту в локальних місцях колони. Наявність і вивчення даного ефекту дозволяють виділити акустичну складову теплообміну при кипінні і масовіддачу при барботуванні, пояснюють акустичні методи інтенсифікації, дають змогу виділити ділянки акустичного тепломасоперенесення і вирішити питання інтенсифікації технологічних процесів з урахуванням ефекту самоінтенсифікації шумами, породжених самими процесами (кипіння, барботування, кавітація, конденсація та ін.).

**Ефект ударно-струминної інтенсифікації теплообміну між твердою стінкою і рідиною.** При ударі струменя об стінку поверхні теплообміну спостерігаються такі явища:

а) рідина у середині плями розтікання рухається в плівці, товщина якої вимірюється десятими частинами міліметра, і діє ефект Кроусольда, згідно з яким коефіцієнт тепловіддачі обернено пропорційний до товщини плівки рідини;

б) швидкість руху рідини в тонкій плівці плями розтікання досягає 10–25 м/с, і діє ефект Рейнольдса, який характеризується збільшенням тепловіддачі внаслідок зростання швидкості потоку, причому в масштабах, абсолютно недосяжних при напірному протіканні рідини в трубах;

в) у міру розтікання рідини в плямі товщина її шару залишається незмінною і, як наслідок цього, із збільшенням радіуса віддалення від місця удару струменя (критичної точки) швидкість рідини знижується, що створює умови для уривання граничного шару подібно до течії в конфузори або при пульсаціях, тобто діє пульсаційний ефект збільшення тепловіддачі [6, 7].

**Ефект інтенсивного випаровування рідини в порожнину каверни.** У результаті експериментальних і теоретичних досліджень встановлено ефект випаровування рідини у внутрішню порожнину каверни при досить інтенсивному відборі пари з цієї порожнини. Наприклад, утворення пари доходило до 800 кг/год при різниці температур 6–12°C. На основі цього ефекту розроблено і створено конструкції суперкавітаційних випаровувачів і теплообмінників для систем «рідина–газ», які працюють у режимі вимушеної газової кавітації, що здійснюється шляхом вдування газу в каверну, а випаровувачі — у режимі відсмоктування пари.

Відсутність поверхні нагрівання у суперкавітаційних випаровувачах виявилася головним фактором, який обумовлює їх високу ефективність (великий вихід пари; виключення термічного опору стінки, відкладення солей і утворення накипу; скорочення витрат на ремонт поверхні нагріву).

Ефект інтенсивного випаровування у внутрішню порожнину каверни пояснюється наступними причинами (або частковими ефектами): біля краю каверни утворюються зворотні гідродинамічні і теплові шари; на межі з каверною виникає утворення хвиль поверхні розділу; межа розділення рідкої і парогазової фази в каверні нечітко означена, а являє собою зону невеликої товщини, що містить дво-, трифазний шар з дрібнодисперсних крапель туманоподібного середовища великої питомої поверхні і пари, яка циркулює вздовж рідинної

межі. На межі каверни відбувається тонкодисперсне розпилення рідини, а в хвостовій частині каверни періодично виникає і зникає зворотний струмінь рідини — інше джерело розпилення фази рідини.

Як своєрідний ефект можна відзначити сукупність режимних факторів, що дозволяють керувати інтенсивністю гідродинамічної кавітації в технологічних процесах.

**Керування інтенсивністю кумулятивних впливів при використанні гідродинамічної кавітації для інтенсифікації технологічних процесів.** Відомо, що інтенсивність кумулятивної дії на середовище при трісканні кавітаційної бульбашки залежить від складу газу, властивостей середовища і коефіцієнта кумуляції, який, у свою чергу, визначається розмірами бульбашок, що тріскають. При трісканні кавітаційних бульбашок виникають високі локальні швидкості кумулятивних струменів і локальний тиск, що суттєво інтенсифікують процеси дробіння, гомогенізації, змішування (навіть нафтопродуктів, які не змішуються), активізують рідкі середовища і прискорюють тепломасообмінні процеси. При ультразвуковій кавітації чисельність бульбашок залежить від кількості ядер кавітації в рідкому середовищі, число яких визначається властивостями середовища та характером процесу і які практично не піддаються регулюванню. Поміж тим, кількість кавітаційних бульбашок, що утворюються, суттєво впливає на їх розмір, і отже, на інтенсивність дії на середовище. Не піддаватися кавітаційно-кумулятивним впливам не може жоден матеріал будь-якої міцності і твердості.

**Електростатична обробка.** Електростатичні установки — це пристрої, в яких електричне поле нерухомих електричних тіл (електродів) діє на макрочастинки оброблюваного матеріалу без зміни його хімічного складу. Технологія заснована на дії електричних полів на заряджені частинки матеріалів, наявних у газоподібному або рідкому середовищі, з метою упорядкування їх руху для проведення певного технологічного процесу, називається електронно-іонною або аерозольною технологією. Характерними особливостями електронно-іонної технології є універсальність — будь-які матеріали (як провідні, так і ізоляційні) можуть бути наелектризованими і в зарядженому стані піддані дії електричного поля — та використання матеріалів у диспергованому стані, що забезпечує гнучке керування й організацію неперервного процесу.

**Магнітна обробка.** Магнітні установки широко застосовуються для очищення продуктів і матеріалів від феромагнітних домішок, магнітоабразивного шліфування і полірування, очищення теплообмінних апаратів від накипу, магнітної обробки води тощо. Установки для магнітної обробки води використовують для зміни її фізичних властивостей з метою зниження відкладень накипу на стінках теплообмінних апаратів. Оброблена таким способом вода, зберігаючи попередній хімічний склад, змінює такі властивості, як поверхневий натяг, в'язкість, щільність, електропровідність.

**Обробка енергією інфрачервоного випромінювання.** Інфрачервоні промені являють собою електромагнітні коливання з довжиною хвилі  $10^{-4}$ – $10^{-2}$  см. Для кожної речовини визначена довжина хвиль інфрачервоного випромінювання, при якій вона найефективніше нагрівається. Установки інфрачер-

воного випромінювання застосовуються для сушіння склеєних і пофарбованих виробів, при зварюванні неметалевих матеріалів, нагріванні у вакуумних печах для відпалу, загартувані, спіканні.

**Пристрої ультрафіолетового випромінювання.** Ультрафіолетові промені (електромагнітні коливання з довжиною хвилі 300–400 нм) примикають до фіолетової ділянки видимої частини спектра. Джерелами ультрафіолетового випромінювання є ртутно-кварцові і газорозрядні лампи. Лампи ультрафіолетового випромінювання використовуються для стерилізації, стимулювання й пригнічення біологічних процесів і хімічних реакцій, дезінфекції приміщень, повітря, води, робочих столів, посуду, інструментів і т. д. Ультрафіолетове випромінювання широко розповсюджене в медицині і ветеринарії, у технологіях запису, зберігання і відтворення інформації, у тому числі в поліграфії.

**Ультразвукові методи обробки,** як було сказано вище, мають низку переваг порівняно з іншими методами: можливість обробки матеріалів і виконання технологічних операцій, нездійсненних при інших методах; значне підвищення продуктивності; можливість повної автоматизації і механізації процесів. Існує три основні сфери використання ультразвуку в технологічних процесах: силова дія на матеріал, інтенсифікація процесів і ультразвукові методи контролю. Найефективніша ультразвукова розмірна обробка крихких матеріалів (скло, кварц, алмаз, кераміка, кремній та ін.) і надміцних матеріалів, наприклад титанових сплавів. Найбільш розповсюджене застосування ультразвуку для інтенсифікації технологічних процесів. Так, приміром, ультразвукові коливання прискорюють процес очищення середовища в 6–15 разів.

**Плазмова обробка.** При плазмовій обробці матеріалів використовують могутній потік іонізованого газу (плазми), що розвиває в місці зіткнення з оброблюваним матеріалом високу температуру (від декількох тисяч до десятків тисяч градусів). Пристрої, в яких формується плазма, отримали назву плазмотронів. Найбільш широко плазмовий струмінь використовується для різання матеріалів, які не піддаються різанню звичайним способам, — нержавіючої сталі, алюмінію, міді і т. п. Крім того, плазмотрони й установки плазмового нагріву застосовуються у високоентальпійних технологічних процесах. Вони дозволяють у широких межах регулювати термодинамічні режими [6].

Проведений нами аналіз показав, що фізичні ефекти можуть виникати і в результаті поєднання відомих ефектів. Це особливо чітко видно на прикладі ударно-струминного ефекту випаровування (ефекти Краусольда, Рейнольдса, пульсації), а також суперкавітаційного ефекту випаровування (зворотний граничний шар, хвилеутворення, розпилювання рідини, пульсація каверни та ін.).

Ще одним джерелом фізико-хімічних ефектів може бути взаємодія полів різної фізичної природи — ефекти взаємодії. Нові ефекти створюються і при накладанні різних інтенсифікуючих факторів, тобто при комплексній інтенсифікації.

Сьогодні в багатьох галузях промисловості відоме використання методів інтенсифікації технологічних процесів і створення нових технологій, заснованих на різноманітних фізичних ефектах: гідродинамічних, вібраційно-акустич-

них, мембранної, кристалогідратної й електрохімічної технологій, іонізаційно-радіаційних і магнітних методів, а також комплексної інтенсифікації шляхом поєднання цих ефектів. Широке застосування знайшли такі способи активації технологічних середовищ, особливо води, як магнітна й електрична обробка.

1. Банашек В. Э. Интенсификация процессов экстракции хладонами / В. Банашек, И. Федоткин. — М.: ЦНИИТЭИПищепром. — 1981. — Вып. 6. — С. 27. 2. Банашек В. О теоретических основах кристаллогидратной технологи / В. Банашек, Н. Мельничук, И. Федоткин // Хим. машиностроение: респ. межвед. науч.-техн. сб. — 1983. — Вып. 38. — С. 46–53. 3. Борщевский Ю. Т. Двухфазные турбулентные струйные течения / Ю. Борщевский, И. Федоткин, А. Володин. — К.: Техника, 1972. — 147 с. 4. Lazarenko E. Prospects of nanotechnologies application for packaging / E. Lazarenko, V. Netak, M. Estrina, N. Yarka // Квалілогія книги: зб. наук. пр. — Львів : УАД, 2007. — № 2 (12). — С. 39–47. 5. Лазаренко Э. Активация технологических сред в полиграфии / Э.Лазаренко, И. Конюхова. — М.: Книжная палата, 1990. — 40 с. 6. Смирнов И. Электрооборудование и электротехнология / П. Ястребов, И. Смирнов. — М.: Высш. шк., 1987. — 224 с. 7. Федоткин И. М. Интенсификация технологических процессов / И. Федоткин. — К.: Высш. шк., 1979. — 342 с.

## **ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ**

*Рассматриваются направления интенсификации технологических процессов в полиграфии.*

## **INTENSIFICATION OF TECHNOLOGICAL PROCESSES BASED ON THE USE OF DIFFERENT PHYSICAL EFFECTS**

*The intensification directions of technological processes in printing industry are considered.*

*Стаття надійшла 21.08.09*

УДК 658.787

**Т. В. Олянишен**

*Національний лісотехнічний університет України*

## **ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРОСУВАННЯ КНИГ ДО ЧИТАЧА**

*Обґрунтовується необхідність моделювання процесів купівлі та читання книги, що може стати основою для оптимізації структури книговидання щодо інтересів масового читача у нашій країні.*

**Книга, процес моделювання купівлі, читання, масовий читач**

Сучасні досягнення в електронних засобах обробки, передавання та зберігання інформації в інших сферах науки перетворюють усі сторони життєдіяльності людини, цілі галузі промисловості. Книги, газети, журнали — дру-