

ВПЛИВ СИСТЕМИ НЕПЕРЕРВНОГО КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПОЛІВІНІЛХЛОРИДУ НА ЗМЕНШЕННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ СТАНУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПОЛІМЕРИЗАЦІЇ

Р.М.Лециї

*ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел.(03422) 46067
e-mail: kafatp@nuing.edu.ua*

Предложен новый высокоэффективный метод непрерывного контроля комплексного показателя качества суспензионного поливинилхлорида –K в реакторе полимеризации. Источником информации служит поток электрической энергии, подаваемой к электродвигателю мешалки реактора полимеризации. Метод позволяет непрерывно анализировать качество латекса и уменьшить неопределенность состояния контролируемого объекта.

The author suggests a new, highly effective method of continuous control of the integral indicator of PVC quality (K) by the alterations of active power consumed by the electrical engine of the mixer of PVC (suspension) polymerization reactor.

Контроль якості суспензійного полівінілхлориду (ПВХ-С) в процесі його виробництва є актуальним завданням у зв'язку з реалізацією інвестиційної програми розвитку нафтохімічного комплексу у м. Калуш.

На будівництві підприємства з виробництва ПВХ-С буде використана технологія останніх найсучасніших розробок. Зокрема, стоятиме реактор об'ємом 150 м³ (для порівняння на виробництвах ПВХ у Словаччині, Македонії, Румунії, Хорватії використовуються реактори об'ємом від 12 до 25 м³).

Згідно з новою технологією передбачається впродовж цілого року не відкривати реактор для очистки. Реактори, що використовувалися у виробництві емульсійного ПВХ, відкривали майже кожний тиждень.

Якість продукту завдяки новим технологіям буде гарантована вища, ніж у конкурентів; більше того, виробництво стає дуже конкурентним, оскільки буде виробляти 300 тисяч тонн ПВХ на рік, що на порядок більше існуючих установок.

Проте аналіз літературних джерел [1-2] свідчить про недостатній обсяг проведених досліджень в напрямку використання неперервних методів контролю якості ПВХ-С і оцінювання впливу системи контролю на зменшення невизначеності стану контрольованого об'єкта.

Тому метою статті є оцінювання впливу розробленої системи неперервного контролю якості ПВХ-С на зменшення невизначеності стану неконтрольованого об'єкта – технологічного процесу полімеризації.

Процес полімеризації ПВХ-С як об'єкт контролю будемо характеризувати його технічним станом або просто станом. Множину станів об'єкта, при яких спостерігається однакова ефективність його функціонування у робочому режимі, будемо називати класом станів об'єкта. У загальному випадку стан об'єкта перед контролем перебуває в одному з N можливих класів станів.

Апріорна інформація про характеристики процесу полімеризації ПВХ-С та їх зміни в часі дає змогу і без контролю стверджувати з відповідною ймовірністю, що стан об'єкта перебуває у визначеному класі станів. Проте контроль дає можливість покращити наші знання про справжній стан об'єкта, і вони стають більш вірогідними.

Припустимо, що стан процесу полімеризації ПВХ-С може перебувати в одному з N можливих класів станів, які створюють множину станів,

$$S = \{S_1, S_2, \dots, S_j, \dots, S_N\}. \quad (1)$$

Апріорні ймовірності того, що стан об'єкта перед контролем перебуває у відповідному класі станів, дорівнюють

$$\{P_0(S_1), P_0(S_2), \dots, P_0(S_j), \dots, P_0(S_N)\}. \quad (2)$$

Після проведення контролю ймовірність того класу станів об'єкта, в якому він дійсно перебуває, повинна збільшитися. Так було б, якщо б система контролю була ідеальною за вірогідністю. Тоді після контролю ймовірність класу станів, у якому дійсно перебуває стан об'єкта, буде дорівнювати одиниці. Але внаслідок похибок реальної системи контролю деяка невизначеність стану об'єкта залишається. Вона може бути виражена за допомогою апостеріорних ймовірностей класів станів

$$\{P(S_1), P(S_2), \dots, P(S_j), \dots, P(S_N)\}, \quad (3)$$

які характеризують перебування станів об'єкта у відповідному класі станів, якщо отримано конкретні результати контролю константи K . Ці ймовірності можна визначити, користуючись формулою Байеса [3].

Якщо, наприклад, система контролю вказала на належність стану об'єкта до ξ -класу, то ймовірність перебування стану об'єкта в γ -класі дорівнює

$$P(S_\gamma / S_\xi^{(c)}) = \frac{P_0(S_\gamma)P_c(S_\xi^{(c)} / S_\gamma)}{\sum_{i=1}^N P_0(S_i)P_c(S_\xi^{(c)} / S_i)} \quad (4)$$

де: $P(S_\gamma / S_\xi^{(c)})$ – ймовірність того, що стан об'єкта перебуває у γ -класі станів, якщо система контролю вказала на ξ -клас станів;

$P_c(S_\xi^{(c)} / S_i)$ – ймовірність того, що стан об'єкта належить до ξ -класу станів, як це вказала система контролю, хоча в дійсності його стан належить до i -класу станів;

$P_c(S_\xi^{(c)} / S_\gamma)$ – ймовірність того, що стан об'єкта належить до ξ -класу станів, як на це вказала система контролю, хоча в дійсності його стан належить до γ -класу станів;

$P_0(S_i)$, $P_0(S_\gamma)$ – апіорні ймовірності того, що стан об'єкта перед контролем перебував у i - та γ -класах станів відповідно.

Припустимо, що розроблена система контролю константи K є ідеальною, тобто має високу вірогідність контролю. Тоді вона вкаже на належність стану об'єкта до ξ -класу станів тільки в тому випадку, коли стан об'єкта дійсно перебуває в цьому ξ -класі станів.

Тоді $P_c(S_\xi^{(c)} / S_i) = 1$ при $i = \xi$, $P_c(S_\xi^{(c)} / S_i) = 0$ при $i \neq \xi$

І знаменник формули (4) буде мати такий вигляд:

$$\sum_{i=1}^N P_0(S_i)P_c(S_\xi^{(c)} / S_i) = P_0(S_\xi)P_c(S_\xi^{(c)} / S_\xi) \quad (5)$$

Тому в цьому випадку ймовірність перебування стану об'єкта у ξ -класі станів при умові, що ідеальна система контролю вказала на належність стану об'єкта до ξ -класу, дорівнює

$$P(S_\xi / S_\xi^{(c)}) = \frac{P_0(S_\xi)P_c(S_\xi^{(c)} / S_\xi)}{P_0(S_\xi)P_c(S_\xi^{(c)} / S_\xi)} = 1 \quad (6)$$

Отже, при використанні ідеальної системи контролю константи K вірогідність наших припущень про належність стану об'єкта до ξ -класу станів може збільшитися порівняно з апіорними даними в

$$\frac{P(S_\xi / S_\xi^{(c)})}{P_0(S_\xi)} = \frac{1}{P_0(S_\xi)} \text{ разів.} \quad (7)$$

Проте система контролю константи K , що розробляється, відрізняється від ідеальної, і тому

$$P_c(S_\xi^{(c)} / S_i) < 1 \text{ при } i = \xi, P_c(S_\xi^{(c)} / S_i) > 0 \text{ при } i \neq \xi. \quad (8)$$

Отже? ймовірність перебування стану процесу полімеризації ПВХ-С в ξ -класі станів за умови, що реальна система контролю вказала на належність стану об'єкта до ξ -класу, буде менша від одиниці, тобто:

$$P(S_\xi / S_i^{(c)}) < 1. \quad (9)$$

Тобто, якщо система контролю константи K вкаже на належність стану об'єкта до ξ -класу станів, то можна бути впевненим, що стан

об'єкта перебуває саме у цьому класі з імовірністю, яка визначається формулою (4).

Оскільки після отримання результатів контролю константи K є можливість вплинути на процес полімеризації ПВХ-С з метою повернення його в бажаний стан, наприклад, зміною температури в реакторі, то ймовірність знаходження стану об'єкта у відповідному класі станів до цієї процедури залежить від вірогідності результатів системи контролю.

На рис. 1 зображений граф переходів стану процесу полімеризації ПВХ-С під дією системи контролю константи K і системи керування температурою в реакторі, яка забезпечує переведення стану об'єкта в бажаний клас станів за результатами контролю.

Якщо стан об'єкта перед контролем перебуває в i -класі станів з множини S , то система контролю може вказати на належність стану об'єкта до будь-якого з можливих N класів.

Система керування температурою в реакторі полімеризації ПВХ-С при використанні певної стратегії відновлення може перевести стан об'єкта в будь-який клас з можливих N класів станів з відповідною ймовірністю, яка залежить від стану об'єкта перед контролем, результатів контролю і стратегії відновлення.

Наприклад, якщо стан об'єкта перед перевіркою перебуває в i -класі, а бажано, щоб він був у ζ -класі, в той час, як система контролю вказана на його належність до γ -класу, то при переведенні стану об'єкта в i -клас станів за допомогою системи керування температурою в реакторі полімеризації ПВХ-С він перейде в цей клас станів з імовірністю $P_b^{(k)}(S_\zeta / S_\gamma^{(c)}, S_i)$, яка менша за одиницю.

Якщо припустити, що система контролю константи K і система керування температурою в реакторі полімеризації ідеальні, то тоді стан об'єкта може бути точно налаштований на необхідний клас станів, і тоді ймовірність буде дорівнювати $P_b^{(k)}(S_\zeta / S_\gamma^{(c)}, S_i) = 1$.

В реальних ситуаціях внаслідок похибок системи контролю константи K залишається невизначеність стану об'єкта і після відновлення його стану за рахунок регулювання температури в реакторі полімеризації ПВХ-С.

Тому надалі будемо вважати, що кількість станів об'єкта і системи контролю є скінченна величина. Дискретизація станів дає змогу полегшити процедури аналізу і синтезу системи контролю константи K , використати чисельні методи інтегрування і як математичний апарат використати теорію статистичних рішень.

Множину значень параметрів, які нас цікавлять: в'язкість η , концентрацію C і густину ρ латексу представимо векторами у багатовимірному просторі по осях якого відкладено значення параметрів η , C , ρ . Багатомірна область (рис. 2.), яка об'єднує вектори, що призводять до однакової ефективності роботи процесу полімеризації, являє собою відповідний клас станів об'єкта. У цю гіперобласть потрапляє паралелепіпед з визначеною довжиною граней. Вектор OA , який потрапляє в такий паралелепіпед, буде характеризувати стан процесу полімери-

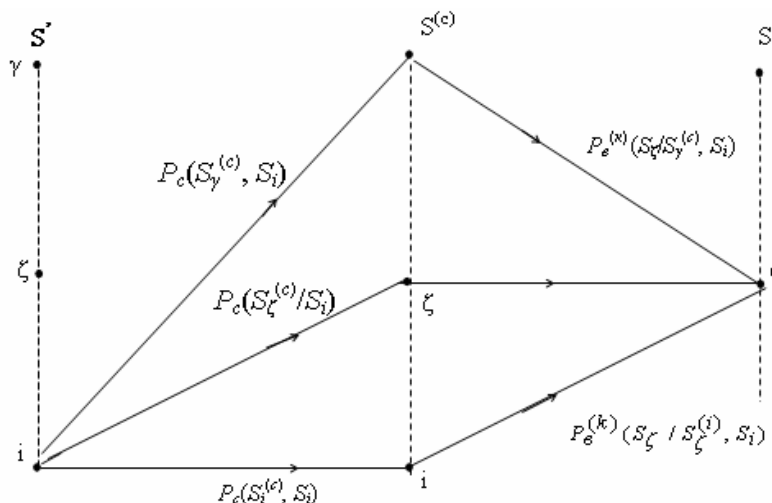


Рисунок 1 — Граф переходів станів об'єкта при діях системи контролю константи K і системи відновлення

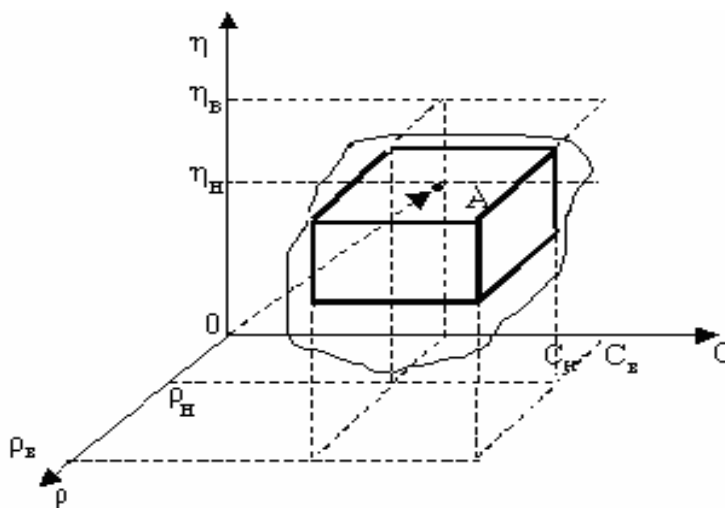


Рисунок 2 — Дискретизація стану процесу полімеризації ПВХ-С

зації ПВХ-С в дискретних уявленнях, які нас цікавлять.

У зв'язку з цим для дискретизацією станів процесу полімеризації ПВХ-С треба припустити, що кожен параметр вихідного потоку може приймати кінцеву кількість значень із двох можливих областей: ω_{1i} – області допустимих значень (поле допуску), яка відповідає нормальному стану об'єкта на i -й величині: параметр в межах поля допуску; ω_{2i} – області значень, яка відповідає неприпустимим станам: “параметр за межами поля допуску”.

Границі, що розділяють області станів ω_{1i} і ω_{2i} , тобто норми, задані технічними умовами на функціонування виробництва ПВХ-С і стандартами на якість продукції. Основна операція контролю в цьому випадку полягає в тому, що для кожної контрольованої величини і для будь-якого моменту часу повинні перевірятися умови

$$\begin{aligned} \eta_n \leq \eta(t) \leq \eta_b, \\ C_n \leq G(t) \leq C_b, \\ \rho_n \leq \rho(t) \leq \rho_b, \end{aligned} \quad (10)$$

де: η_n, C_n, ρ_n – нижні значення норми, η_b, η_b, ρ_b – верхні значення норми.

Набір (10) дискретних значень параметрів η, C, ρ відображає стан об'єкта – процесу полімеризації ПВХ-С. Така дискретизація станів веде до апроксимації неперервної гіперповерхні, що розділяє класи станів об'єкта, ступінчастою гіперповерхнею. Тому виникає певна похибка апроксимації. Отже, при зменшенні кількості станів об'єкта необхідно виконувати вимоги стосовно похибки апроксимації, які проявляються в тому, що множина значень параметрів, які належать одному класу станів, може бути віднесена до іншого класу станів.

Відомо [3, 4, 5], що стан досліджуваного об'єкта можна визначити з допомогою спостереження за різноманітними ознаками стану. Це можуть бути фізичні величини (струми, напруги, потужності та ін.), функції або оператори об'єкта в статичному і динамічному режимах його роботи (функції передачі, частотні характеристики та ін.), або фізичні величини, що не належать об'єктові, але визначаються його

функціонуванням (якість продукції, що виготовляється).

Константа K , яка використовується для контролю якості ПВХ-С, і є тією величиною, що не належить об'єкту – реактору полімеризації. Тому необхідно вибрати таку фізичну величину, яка була б пов'язана з параметрами стану об'єкта η , C , ρ і з константою K .

У загальному випадку вибрати ознаки стану об'єкта без врахування характеристик стану контролю можна лише попередньо. Остаточний вибір контрольованих ознак станів об'єкта буде робити, тільки враховуючи властивості реальної системи контролю. Беручи до уваги, що параметрами стану об'єкта є в'язкість η , концентрація C , густина латексу ρ , використаємо попередньо як ознаку станів об'єкта таку фізичну величину, як потужність на валі мішалки P_6 .

Висновок

Використання системи неперервного контролю якості полівінілхлориду безпосередньо в реакторі непрямим методом зменшує невизначеність стану контрольованого об'єкта технологічного процесу полімеризації ПВХ-С, що дає значно підвищити якість продукції

Література

1. Лещій Р.М. Метод неперервного контролю ступеня полімеризації емульсійного полівінілхлориду // Методи та прилади контролю якості. – 1999. – №4. – С.70-71.
2. Лещій Р.М. Розробка системи контролю якості полівінілхлориду в процесі його виробництва: Автореф. дис... к.т.н.: 05.11.13 / Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2005. – 22 с.
3. Шторм Р. Теория вероятностей. Математическая статистика. Статистический контроль качества. – М.: Мир, 1970. – 358 с.
4. Новицкий П.В. Основы информационной теории измерительных устройств. – М.: Энергия, 1968. – 248 с.
5. Захаров И.П., Кукуш В.Д. Теория неопределенности в измерениях. – Харьков: Консум, 2002. – 255с.