

681.51
154

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ

Лещій Романа Михайлівна

УДК 681.5:678.743.22

3
154

РОЗРОБКА СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ
ПОЛВІНІЛХЛОРИДУ В ПРОЦЕСІ ЙОГО ВИРОБНИЦТВА

05.11.13 - прилади і методи контролю
та визначення складу речовин

17/11/13

АВТОРЕФЕРАТ
ДИСЕРТАЦІЇ НА ЗДОБУТТЯ НАУКОВОГО СТУПЕНЯ
КАНДИДАТА ТЕХНІЧНИХ НАУК

Івано-Франківськ - 2005

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник:

доктор технічних наук, професор
Семенцов Георгій Никифорович,
Івано-Франківський національний технічний
університет нафти і газу,
завідувач кафедри автоматизації технологічних
процесів і моніторингу в екології

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор
Заміховський Леонід Михайлович,
Івано-Франківський національний технічний
університет нафти і газу,
завідувач кафедри комп'ютерних технологій
в системах управління та автоматики



кандидат технічних наук, доцент
Буняк Олег Андронікович,
Тернопільський державний технічний
університет імені Івана Пулюя,
доцент кафедри систем електроспоживання
та комп'ютерних технологій в енергетиці

Провідна установа:

Національний університет "Львівська політехніка"
Міністерства освіти і науки України, кафедра
метрології, стандартизації та сертифікації, м. Львів

Захист відбудеться " 24 " червня 2005р. о 14.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 20.052.03 в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу (76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці технічного університету нафти і газу (76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська 15).

Автореферат розіслано

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Високі фізичні характеристики (густина, в'язкість та ін.) пластизолів, низька токсичність та наявність в Україні виробничих потужностей для виготовлення зумовили широке використання полівінілхлориду (ПВХ) як сировини для виробництва пластизслів.

Враховуючи, що в Україні кількість пластизолів, яка виробляється на душу населення, в 17 разів менша, ніж у США, внутрішній ринок недостатньо забезпечений полімерами конструкційного та спеціального призначення, розширюється мережа підприємств, що виробляють із пластизолів продукцію для нафтогазовидобувної, електротехнічної, харчової, будівельної промисловості, медицини та ін.

Разом із розширенням виготовлення виробів із пластизолу постало питання контролю якості ПВХ. Сьогодні контроль показників якості ПВХ: числа в'язкості і константи Фікентчера K (далі по тексту – константи K_{ϕ}) проводиться за допомогою відбору проб з певною періодичністю і подальшим розрахунком комплексного показника якості – константи K_{ϕ} на виході технологічного ланцюга, тобто без неперервного контролю в процесі полімеризації вінілхлориду. Відсутні навіть методи розрахунку властивостей ПВХ в діапазонах температури 40-50⁰ С і тиску (не більше 0,8 МПа), властивих реактору полімеризації вінілхлориду.

Внаслідок відсутності необхідної неперервної інформації та неприйняття своєчасних заходів стосовно зміни режиму експлуатації погіршується якість ПВХ, відбувається передчасне відпрацювання технологічного обладнання. Це веде до втрат продукції, виникнення аварійних ситуацій, зупинок і простоїв апаратів, забруднення навколишнього середовища.

Таким чином, розробка нового і високоефективного методу неперервного контролю процесу полімеризації вінілхлориду в робочих режимах, властивих процесу полімеризації, є актуальною задачею, яка має важливе народногосподарське значення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Вибраний напрямок досліджень є складовою частиною тематичного плану науково-дослідних робіт Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу (ІФНТУНГ). Дисертаційна робота виконувалась відповідно до плану науково-дослідної роботи кафедри автоматизації технологічних процесів і моніторингу в екології, який затверджено Науковою радою ІФНТУНГ, протокол № 4 від 20.11.2000р., та творчим договором ТВ-1 з заводом хлористого вінілу концерну «Оріана» від 12.04. 1999 р. Матеріали наукового дослідження використані при розробці держбюджетної теми ІФНТУНГ «Наукові основи контролю, управління і екологічного моніторингу об'єктами нафтогазового комплексу України», номер державної реєстрації 010111001664.

Результати дослідження використані при розробці розділу 2.6 даного плану «Наукові основи газопромислового обладнання об'єктів нафтогазового комплексу України». Дослідження входять у координаційний тогій видобутку нафти і газу, еробки нафти і газу з метою



отримання високоякісних моторних палив, мастильних матеріалів, допоміжних продуктів і нафтохімічної сировини". Вказаний план входить в національну програму «Нафта і газ України до 2010 року». Роль автора у виконанні цих науково-дослідних робіт як виконавця, полягає у розробці методичних підходів, моделей, структур вимірювального каналу щодо неперервного контролю константи K_{Φ} .

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є розробка системи неперервного контролю комплексного показника якості K для роботи в умовах функціонування реактора полімеризації вінілхлориду, використання якої дозволить підвищити якість виробництва ПВХ та попередити виникнення аварійних ситуацій.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- проаналізувати сучасний стан проблеми контролю якості полівінілхлоридних смол, виходячи з особливостей технології їх виготовлення;
- розробити узагальнену модель об'єкта контролю константи K_{Φ} ;
- провести аналітико-статистичний аналіз та оцінити кореляційні зв'язки між параметрами стану об'єкта і вхідними змінними, а також зв'язки енергетичних показників електроприводу мішалки реактора полімеризації з параметрами і показниками режиму полімеризації вінілхлориду та комплексним показником якості K ;
- розробити метод неперервного контролю комплексного показника якості K в реакторі полімеризації вінілхлориду на основі встановленого його взаємозв'язку з найбільш впливовим фактором та проаналізувати похибки методу;
- на основі запропонованого методу розробити алгоритмічну структуру і принципову схему пристрою контролю показника якості K , обґрунтувати його параметри і схемотехнічні рішення та провести дослідження вимірювального каналу пристрою контролю комплексного показника якості полівінілхлориду K ;
- провести дослідження розробленого методу контролю показника K в промислових умовах і показати його ефективність.

Об'єктом дослідження є процеси, що відбуваються у виробництві полівінілхлориду емульсійного.

Предметом дослідження є розробка системи неперервного контролю процесу полімеризації.

Методи дослідження. В основу розробки інформаційної моделі об'єкта контролю покладено використання основних положень теорії розмірностей; дослідження взаємозв'язків параметрів і показників процесу полімеризації проведено за допомогою кореляційно-регресійного аналізу. При перевірці отриманих моделей зв'язку на адекватність було використано критерій Фішера. Експериментальні дослідження методу контролю комплексного показника якості K проводилися в цеху ПВХ ЗАТ "Лукор" та лабораторіях електричних машин і автоматизованого електроприводу і теорії автоматичного керування та регуляторів. При їх проведенні використовувалися основні положення теорії планування експериментів, а обробка експериментальних даних проводилась з використанням методів математичної статистики та методів аналізу випадкових процесів.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному:

- вперше запропоновано узагальнену модель об'єкта контролю – комплексного показника якості полівінілхлориду K , яка враховує особливості процесу

полімеризації ПВХ-Е, що дозволяє визначити клас задач контролю як визначення подій в умовах невизначеності;

- дістали подальший розвиток аналітико-статистичні дослідження показників процесу полімеризації ПВХ-Е, в результаті яких визначена періодичність їх контролю ($T \leq (1.05 - 1.75)_{год}$) і показника K ($T \leq 0.636_{год}$) при заданій похибці апроксимації $\xi = 2.5\%$, та встановлена відсутність кореляційного зв'язку константи Фікентчера K_{ϕ} з показниками процесу полімеризації ПВХ-Е;

- вперше встановлено взаємозв'язок комплексного показника якості K з активною потужністю електродвигуна приводу мішалки реактора полімеризації, зумовленою зміною якості латексу, на основі якого розроблено метод неперервного контролю процесу полімеризації;

- запропоновано інформаційну модель показника якості K за активною потужністю приводу мішалки, на основі якої встановлені межі зміни K , що дозволило підвищити вірогідність методу контролю до 0.988 та його ефективність до 0.89;

- на основі розробленого методу вперше запропоновано структуру пристрою контролю показника якості K , технічна реалізація якого дозволяє зменшити трудомісткість операції контролю процесу полімеризації і здійснювати його неперервне коригування, підвищити його точність та отримувати неперервну інформацію про якість латексу.

Практичне значення одержаних результатів полягає в розробці:

- алгоритму контролю показника K за зміною активної потужності електроприводу мішалки, використання якого дозволяє проводити контроль процесу полімеризації вінілхлориду в неперервному режимі;

- алгоритмічної структури і принципів електричних схем пристрою контролю показника K та обґрунтуванні його параметрів і схемотехнічних рішень, що дозволяє використати серійні комплектуючі вироби при його виготовленні і забезпечити визначену вірогідність контролю показника K ;

- алгоритмічної і функціональної схем експериментальної установки для перевірки вимірювального каналу пристрою контролю показника K , його методичного і технічного забезпечення, використання якого дозволяє визначити похибки та здійснити градування пристрою;

- техніко-економічних рекомендацій, використання яких дозволяє підвищити якість латексу, знизити його собівартість та запобігти виникненню аварійних ситуацій, пов'язаних з виходом показника K за межі допуску.

Розроблений метод неперервного контролю показника якості K , пристрій для його реалізації, а також техніко-економічні рекомендації пройшли випробування в процесі виробництва ПВХ-Е (протоколи випробувань від 14.09.1999р. і 05.01.2004р., акти випробування пристрою від 07.10.1999 р. і від 05.01.2004 р.) і впроваджені ЗАТ "Лукор", м. Калуш (акт впровадження від 26.08.2004 р.). Очікуваний річний економічний ефект від впровадження результатів роботи становить 95 тис.грн. у цінах 2003 року.

Результати теоретичних і експериментальних досліджень використані в робочій програмі дисципліни "Автоматизація хіміко-технологічних процесів", для студентів спеціальності 7.092501 "Автоматизоване управління технологічними

процесами” ІФНТУНГ (Доповнення до робочої програми курсу від 28.08.2000 р.), а також впроваджені в навчальний процес у вигляді курсових і дипломних проектів студентів спеціальності 5.092503 “Монтаж, обслуговування засобів і систем автоматизації технологічного виробництва” (акт впровадження від 06.10.1999 р.) та використані при розробці декількох курсів навчальних дисциплін для підготовки молодших спеціалістів за спеціальностями 5.092503 “Монтаж, обслуговування засобів і систем автоматизації технологічного виробництва” та 5.091406 “Обслуговування інтелектуальних інтегрованих систем” у Калуському хіміко-технологічному технікумі (довідка від 16.08. 2004 р.).

Наукові положення роботи впроваджені в науково-дослідному інституті нафтогазових технологій ІФНТУНГ (акт впровадження від 25.08. 2004 р.).

Особистий внесок здобувача

Основні положення та результати дисертаційної роботи отримані автором самостійно. Проаналізовані методи автоматичного контролю якості нафтопродуктів та високомолекулярних хлорвміщуючих вуглеводнів [5,11], запропоновано непряний метод контролю моменту на валі електроприводу мішалки [4] та визначені показники якості емульсійного полівінілхлориду, які підлягають контролю [6,3,18]. Досліджено взаємозв'язок потужності на валі електроприводу мішалки з гідродинамічними параметрами ПВХ-Е, константою K_ϕ та розроблено метод неперервного контролю ступеня полімеризації емульсійного полівінілхлориду [2, 7,13,15]. Розроблена схема нагромадження похибок каналу контролю показника якості K [1].

У роботах, опублікованих у співавторстві, проаналізовані методи контролю потужності на валі механізмів з електроприводом [9], запропоновано метод фільтрації вимірювальних сигналів при неперервному контролі показника K [10], проведена класифікація алгоритмів визначення зміни властивостей випадкових величин [14] та розроблена інформаційно-енергетична модель електродвигуна [8].

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертаційної роботи доповідались, обговорювались і отримали позитивну оцінку на 3-ій Українській конференції з автоматичного керування “Автоматика-96”(м. Севастополь, 1996 р.); на Міжнародній науково-технічній конференції “Проблеми нафтегазового комплексу Росії”, присвяченій 50-річчю УГНТУ (Росія, м. Уфа, 1998 р.); на 6-ій Міжнародній науково-практичній конференції “Нафта і газ України-2000” (31.10-03.11.2000, м. Івано-Франківськ); на науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу Івано-Франківського державного технічного університету нафти і газу (1987-1999, 2002 рр.); на 7-ій Міжнародній науково-практичній конференції «Наука і освіта 2004» (м. Дніпропетровськ, 2004 р.); на Міжнародній науково-практичній конференції «Інтелектуальні системи прийняття рішень та інформаційні технології» (м. Чернівці, 2004 р.); на 3-ій Міжнародній науково-практичній конференції «Динаміка наукових досліджень-2004» (м. Дніпропетровськ, 2004 р.), на 11-й міжнародній конференції по автоматичному управлінню „Автоматика-2004” (м. Київ, 2004р.), на розширеному науковому семінарі кафедри методів і приладів контролю якості та сертифікації продукції ІФНТУНГ (протокол № 15 від 24.02.2005р.).

Публікації. Основні положення дисертації відображені у 22 публікаціях, з них – 10 статей у фахових виданнях (7одноосібних) та 12 тез доповідей на Міжнародних та всеукраїнських науково-технічних конференціях.

Структура й обсяг роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, основних висновків і рекомендацій, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи становить 200 сторінок і включає 53 рисунки на 26 сторінках, 16 таблиць на 11 сторінках, список використаних літературних джерел із 104 найменувань і 18 додатків на 33 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** розкрито стан наукової проблеми та її значущість, обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, показано зв'язок вибраного напрямку досліджень з науковими програмами, планами, темами, сформульовано мету та основні задачі досліджень, подано наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, визначено особистий внесок здобувача, наведено дані про впровадження результатів роботи, її апробацію та публікації.

У **першому розділі** досліджено сучасний стан проблеми контролю якості полівінілхлоридних смол у процесі їх виробництва. Розглянуто стан виробництва полівінілхлориду, визначення показників його якості і особливості технології виробництва ПВХ-Е як об'єкта контролю. Проаналізовано узагальнену модель процесу полімеризації вінілхлориду як об'єкта контролю (рис.1).

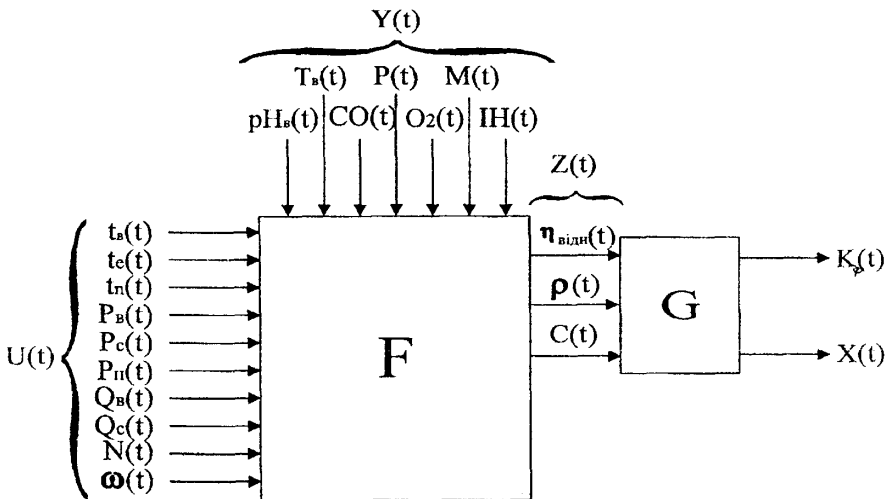


Рис. 1. Узагальнена модель процесу полімеризації вінілхлориду як об'єкта контролю

Фактори (параметри і показники), що обумовлюють процес полімеризації вінілхлориду, залежно від їх впливу, поділені на такі групи:

1. Вхідні параметри $U(t)$ режиму полімеризації: температура вінілхлориду t_s , емульсійної води t_e , в реакторі полімеризації t_n ; тиск вінілхлориду P_s , емульсійної води P_e , в реакторі полімеризації P_n ; витрата вінілхлориду Q_s , емульсійної води Q_e , потужність на валі електродвигуна мішалки N і швидкість його обертання ω :

$$U(t) = [t_s(t), t_e(t), t_n(t), P_s(t), P_e(t), P_n(t), Q_s(t), Q_e(t), N(t), \omega(t)]. \quad (1)$$

2. Вхідні параметри $Y(t)$, що характеризують фізико-хімічні властивості емульсійної води: водневий показник pH , вміст ініціатора IH та CO , вміст буферної суміші-титру (числа P і M), твердість води T_s , вміст кисню O_2 :

$$Y(t) = [pH_s(t), IH(t), CO(t), P(t), M(t), T_s(t), O_2(t)]. \quad (2)$$

3. Показники $Z(t)$ якості режиму полімеризації вінілхлориду: відносна в'язкість $\eta_{відн.}$, концентрація C , густина ρ , які використовуються для розрахунку комплексного показника якості латексу ПВХ-Е – константи $K_\phi(t) = G, [\eta_{відн.}(t), C(t), \rho(t)]$ і коефіцієнта в'язкості $X(t)$.

Аналіз результатів експериментальних досліджень процесу полімеризації показав, що він описується сукупністю випадкових процесів $C(t), \rho(t), K_\phi(t), \eta_{відн.}(t), pH_s(t), t_s(t), P_s(t), Q_s(t), N(t)$, що стохастично зв'язані між собою.

Параметри $Z_i(t)$, що характеризують якість латексу, пов'язані з вхідними параметрами режиму полімеризації $U(t)$, параметрами $Y(t)$, які характеризують фізико-хімічні властивості емульсійної води:

$$Z_i(t) = F_i[U(t), Y(t)], \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (3)$$

Вплив показників якості на константу K_ϕ характеризується значеннями відносної в'язкості $\eta_{відн.}(t)$ і концентрації $C(t)$, тобто

$$K_\phi(t) = G\{\eta_{відн.}(t), C(t)\}. \quad (4)$$

Константа K_ϕ є досить зручною характеристикою і дає достатні для практики наближення. Для різних видів ПВХ вона має різні значення: емульсійний ПВХ 54 – 77, суспензійний ПВХ 47 – 76, ПВХ в масі 56 – 72.

Відносна в'язкість $\eta_{відн.}$, константа K_ϕ і коефіцієнт в'язкості $X(t)$, як показано в роботі [8], є взаємопов'язаними.

Виділено специфічні умови виробництва емульсійного полівінілхлориду марок ПВХ-Е-62, -66, -72, -74, -78, для якого константа K_ϕ знаходиться в межах 62÷78. Такий технологічний процес характеризується складністю взаємозв'язків параметрів, що характеризують якість латексу, в умовах динамічних обмежень і зовнішніх збурень. Відзначено недостатній рівень автоматизації контролю показників якості ПВХ-Е, відсутність програмно-технічних засобів та алгоритмічно-програмного забезпечення систем контролю якості ПВХ-Е, що вимагає безпосередньої участі людини-оператора в контролі константи K_ϕ з покладанням на неї досить складних функцій періодичного контролю шляхом відбору проб та формування керуючих рішень.

Проаналізовано вплив систематичної і випадкової похибок роботи технологічної схеми на зростання частки браку ПВХ-Е. Доведено, що існуючі методи контролю якості ПВХ-Е, які базуються на періодичному визначенні

константи K_{ϕ} за допомогою відбору проб, передбачають наявність браку, головним чином, за рахунок неможливості своєчасно виявити зростання випадкової і систематичної похибок роботи технологічної системи. Час, що витрачається на контроль константи K_{ϕ} і на регулювання якості продукції виробництва ПВХ-Е, досить значний (≈ 4 години). За цей час можуть суттєво змінитися і випадкова, і систематична похибки роботи технологічної схеми. Тому в умовах сучасного високопродуктивного виробництва полівінілхлориду необхідний суцільний неперервний контроль якості продукту, що виготовляється.

Проаналізовано методи і засоби вимірювання потужності на валі електродвигуна мішалки, як одного із джерел інформації про процеси, що відбуваються в реакторі полімеризації ПВХ-Е.

Детально проаналізовано існуючі методи і пристрої контролю реологічних властивостей ПВХ-Е, а також методи контролю якісних показників високомолекулярних хлорвміщуючих вуглеводнів, методи підвищення точності контролю і способи автоматичної корекції похибок вимірювання.

На основі аналізу існуючого рівня контролю якості ПВХ-Е в умовах зовнішніх збурень і динамічних обмежень сформульовані задачі досліджень в напрямку розробки методу неперервного контролю показника якості, інформаційної системи, технічних засобів та алгоритмів функціонування її компонентів для удосконалення існуючої системи контролю і керування технологічним процесом полімеризації ПВХ-Е.

У другому розділі проведено теоретичне обґрунтування розробки методу контролю якості полівінілхлориду з урахуванням особливостей процесу полімеризації – стохастичності, неповної визначеності та розвитку в часі.

З цією метою необхідно розробити модель реактора полімеризації ПВХ-Е, як об'єкта контролю, виявити інформативні показники процесу полімеризації ПВХ-Е, дослідити їх статистичні характеристики та встановити взаємозв'язки параметрів процесу виробництва ПВХ-Е з константою K_{ϕ} та потужністю на валі мішалки.

Реактор полімеризації ПВХ-Е є основним елементом хіміко-технологічної системи виробництва ПВХ-Е, метою функціонування якого є забезпечення певного фізико-хімічного впливу на технологічні потоки вінілхлориду та емульсійної води за допомогою зміни параметрів стану і ефективного змішування; процес змішування в реакторі полімеризації здійснюється за допомогою лопатевої мішалки з електричним приводом змінного струму. Враховуючи, що процес полімеризації ПВХ-Е є складним хіміко-технологічним процесом, його модель повинна бути деяким компромісом між достатньою простотою опису стану процесів, що моделюються, і складними ефектами (обрив ланцюга, адгезія тощо), що існують в реальному процесі. При цьому в математичній моделі не повинно бути таких невимірюваних показників, як відносна в'язкість і число в'язкості. Отже, потрібна модель контролю комплексного показника якості полівінілхлориду K .

Виходячи з викладеного, був використаний комплексний аналітико-статистичний підхід отримання інформаційних моделей і розв'язку задачі контролю показника K .

При дослідженні процесів функціонування реактора полімеризації ПВХ-Е він представлявся як технологічний оператор, що якісно перетворює фізичні параметри

вхідних матеріальних і енергетичних технологічних потоків вінілхлориду і емульсійної води $U(t)$, $Y(t)$, $pH_x(t)$, її твердості $T_x(t)$, вмісту кисню $O_2(t)$ у фізичні параметри вихідного продукту $Z(t)$ (1).

У зв'язку з тим, що показники групи $Z(t)$ не дозволяють оперативно отримати інформацію про K_ϕ , ввели додаткову групу комплексних показників процесу полімеризації: потужність на валі мішалки $P_q(t)$, момент на валі мішалки $M(t)$, швидкість обертання валу мішалки $\omega(t)$.

Для правильного вибору контрольованих величин визначили клас задачі контролю К: цей варіант контролю відповідає визначенню подій в умовах невизначеності. Оскільки використання ефективної системи контролю К може зменшити невизначеність стану об'єкта, проаналізували параметри і показники процесу полімеризації з точки зору виявлення найбільш інформативних параметрів, за допомогою яких можна було б контролювати константу K_ϕ в режимі реального часу.

На основі результатів експериментів, проведених в умовах діючого виробництва ПВХ-Е, вивчення випадкових процесів зміни в часі константи $K_\phi(t)$, вмісту хлоридів $Cl(t)$, водневого показника $pH_B(t)$, вмісту $CO(t)$, твердості води $T_B(t)$, вмісту буферної суміші – титру (чисел P і M) $M(t)$, $P(t)$, вмісту ініціатора $И(t)$, вмісту кисню $O_2(t)$, як сигналів, що несуть інформацію про технологічний процес полімеризації вінілхлориду в системі централізованого контролю, і дослідження оцінки автокореляційних функцій контрольованих параметрів $R_{K_\phi}(k\Delta t)$, $R_{Cl}(k\Delta t)$, $R_{CO}(k\Delta t)$, $R_{T_B}(k\Delta t)$, $R_{M}(k\Delta t)$, $R_{P}(k\Delta t)$, $R_{И}(k\Delta t)$ з'ясовано, що всі досліджувані випадкові процеси – стаціонарні, ергодичні і для подальших досліджень їх властивостей коректним є використання математичного апарату стаціонарних ергодичних випадкових процесів.

На підставі виконаного теоретичного аналітико – статистичного аналізу та оцінок взаємно-кореляційних зв'язків між K_ϕ і вхідними змінними встановлено, що між цими параметрами існує зв'язок, який проявляється лише через 16-32 години роботи реактора полімеризації вінілхлориду. За оцінками автокореляційних функцій знайдено розрахункові періоди контролю параметрів виробництва ПВХ-Е, які для заданої похибки апроксимації $\xi = 2,5\%$ повинні бути для всіх параметрів $\Delta t \leq (1,05-1,75)$ години, а для К - $\Delta t \leq 0,636$ години. При зменшенні похибки апроксимації до 1,5% періодичність контролю К повинна бути 0,18 год., що підтверджує необхідність неперервного контролю такого важливого показника якості ПВХ-Е, оскільки лабораторними методами цього досягти неможливо.

Стан якості ПВХ-Е, як об'єкта контролю, запропоновано характеризувати показниками його якості:

$$Z(t) = Z[\eta_{\text{вход}}(t), C(t), \rho(t)]. \quad (5)$$

З множини зовнішніх впливів, які діють на процес полімеризації ПВХ-Е, вибрані лише ті, які суттєво впливають на якість ПВХ-Е: вхідні впливи $U(t) = \{O_2(t), T(t), P_B(t), M(t), \omega(t)\}$; параметри знесоленої води $Y(t) = \{pH_B(t), T_B(t), O_2(t)\}$. Показники якості $Z(t) = \{\eta_{\text{вход}}(t), C(t), \rho(t)\}$ пов'язані з вхідними впливами $U(t)$,

параметрами об'єкта a залежністю $Z_i(t) = F[U(t), Y(t), a, t]$, $i=1,2,3$. Константа Фікентчера $K_\phi(t)$ і число в'язкості $X(t)$ залежать від вхідних величин і визначаються через параметри стану $Z(t)$ своєю функціональною залежністю $Z_j(t) = G_j[Z(t), t]$, $j=1,2$. У зв'язку з тим, що показники $K_\phi(t)$, $X(t)$ не дають відповіді про якість ПВХ-Е в реальному часі, ввели додатковий комплексний показник якості $K(t)$, який є функцією вхідних величин : потужності $P_B(t)$ і моменту $M(t)$ на валі мішалки, швидкості обертання $\omega(t)$ валу мішалки та інших вхідних величин $U(t), Y(t)$. Цей показник контрольованого об'єкта визначається як деяка функція:

$$K(t) = F[U(t), Y(t), a, t]. \quad (6)$$

Здійснено аналіз зв'язків параметрів стану об'єкта з потужністю на валі мішалки P_B як єдиного інформативного параметра, що може контролюватися неперервно, шляхом порівняння розмірностей, а також розподілу енергетичних потоків в об'ємі реактора ПВХ-Е, який дозволив встановити функціональний зв'язок між параметрами стану об'єкта (динамічною в'язкістю латексу η , густиною ρ), швидкістю обертання мішалки ω і потужністю на валі мішалки $P_B = \omega^{0.5} \eta^{2.5} \rho^{-1.5}$, що дало можливість висунути гіпотезу про наявність зв'язку потужності на валі мішалки P_B з комплексним показником якості полівінілхлориду K . Досліджено кореляційну залежність потужності P , яку споживає електродвигун мішалки реактора полімеризації ПВХ-Е, від показника K (рис.2), що підтвердило наявність в робочому діапазоні стійкого лінійного зв'язку між цими параметрами з суттєво значущим коефіцієнтом кореляції $r_n = 0,953$ для заданого рівня значущості $q = 0,05$. Довірчий інтервал для коефіцієнта кореляції $r_1 = 0,908 < r_n = 0,953 < r_2 = 0,998$. Адекватність лінійної моделі перевірена за критерієм Фішера. Оскільки $F_p = 0,447 < F_T = 2,12$ і $S_a^2 < S_0^2$, то отримана лінійна модель є адекватною.

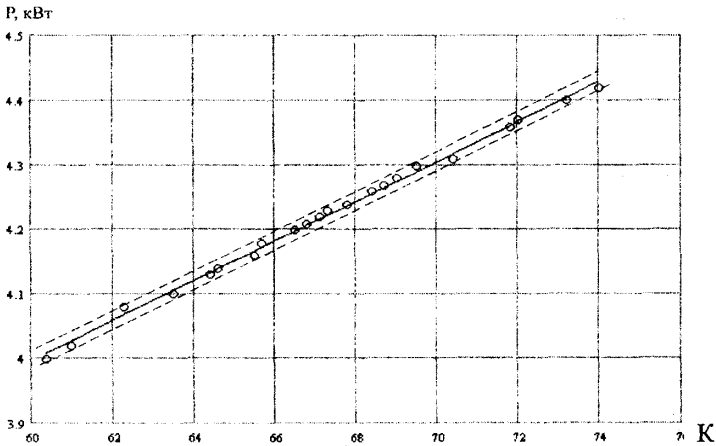


Рис. 2. Довірчі інтервали для лінії регресії $P=0,031K+2,143$, побудовані для довірчої імовірності $\rho=0,95$

За результатами експериментальних досліджень процесу $K_\phi(t)$ визначена оцінка автокореляційної функції $R_{K_\phi, K_\phi}(k\Delta t)$ і її нелінійна апроксимація рівнянням

$$F(K_\phi, \alpha, \beta, \gamma) = e^{-\alpha|K|} \cos \beta|K_\phi| \cos \gamma|K_\phi|, \quad (7)$$

де $\alpha = 0,096$, $\beta = -0,256$, $\gamma = 0,143$.

Похибка апроксимації складає $\delta_{K_\phi} = 5,795 \cdot 10^{-4}$. Зроблено висновок про те, що досліджувана автокореляційна функція має властивість $R_{K_\phi, K_\phi}(k\Delta t) < R_{K_\phi, K_\phi}(0)$, що відповідає властивості позитивної визначеності. Враховуючи, що достатня умова ергодичності стаціонарного випадкового процесу $K_\phi(t) \lim_{K_\phi \rightarrow \infty} R_{K_\phi, K_\phi}(k\Delta t) = 0$ виконується, можна вважати, що досліджуваний процес ергодичний і практично відсутня зміна автокореляційної функції в різних експериментах. У зв'язку з тим, що математичне сподівання постійне і автокореляційна функція є лише функцією зсуву між аргументом, можна вважати процес $K_\phi(t)$ стаціонарним у широкому розумінні.

Було визначено нижню $P_{\text{ни}}$ і верхню $P_{\text{ви}}$ границі допусків потужності на валі мішалки P_ϕ :

$$P_{\text{ни}} = \hat{P}_{\text{но}} - \left(\frac{S_p}{\sqrt{L}} \right) t_{q_{1/2}}; \quad P_{\text{ви}} = \hat{P}_{\text{но}} + \left(\frac{S_p}{\sqrt{L}} \right) t_{q_{1/2}}; \quad (8)$$

де $P_{\text{но}}$, S_p – оцінки номінального значення і середньоквадратичного відхилення потужності на валі мішалки; L – об'єм вибірки; $t_{q_{1/2}}$ – вибирається з таблиць для рівня значущості $q = q_{1/2}$ і числа ступенів свободи $V = L - 1$.

Для $q_1 = 0,027$ і об'єму вибірки $L = 22$, $t_{q_{1/2}} = 2,28$, а також для $P_{\text{но}} = 4,4 \text{ кВт}$, $S_p = 0,115$, $P_{\text{ни}} = 4,331 \text{ кВт}$, $P_{\text{ви}} = 4,469 \text{ кВт}$.

Користуючись моделлю $P_\phi = f(K)$, визначили границі допусків для показника K , які відповідають границі допусків для потужності електродвигуна мішалки, $K_{\text{ни}} = 70,7$, $K_{\text{ви}} = 75,03$.

При виконанні цих співвідношень з імовірністю $p_1 = 1 - q_1 = 0,973$ можна стверджувати, що в системі не виникло систематичної похибки, і система підтримує заданий номінал показника якості K .

Вихід середніх значень потужності і показника K за допустимі межі регулювання сигналізує про порушення нормального ходу процесу полімеризації ПВХ, для стабілізації якого розроблено алгоритм, що дозволяє прийняти оптимальне рішення: "параметр в межах допуску" або "параметр за межами допуску".

Для швидкого виявлення розладнання використаний рекурентний алгоритм кумулятивних сум, який мінімізує середнє запізнення при виявленні розладнання, що складає 5 кроків опитування давачів. Ймовірність виявлення розладнання складає 0,98 для вибраного порогу $R = 2,5$.

У третьому розділі здійснена розробка системи контролю якості процесу полімеризації ПВХ за споживаною потужністю двигуна мішалки реактора полімеризації ПВХ, а також визначено динамічні властивості вимірювального каналу, відносно похибку, чутливість пристрою, ймовірність хибної команди і

пропуску розладнання, вірогідність і швидкодію контролю комплексного показника якості полівінілхлориду К розробленим методом.

Результати аналізу основних режимів процесу полімеризації ПВХ та взаємозв'язків показника К з технологічними параметрами покладено в основу запропонованої структури системи неперервного контролю показника К (рис.3), де враховано динамічний характер обмежень на показники якості ПВХ та вплив зовнішніх збурень. Така структура забезпечує контроль показника К в реальному часі з індикацією та реєстрацією інформації, а також допускову і кількісну оцінки величини показника К.

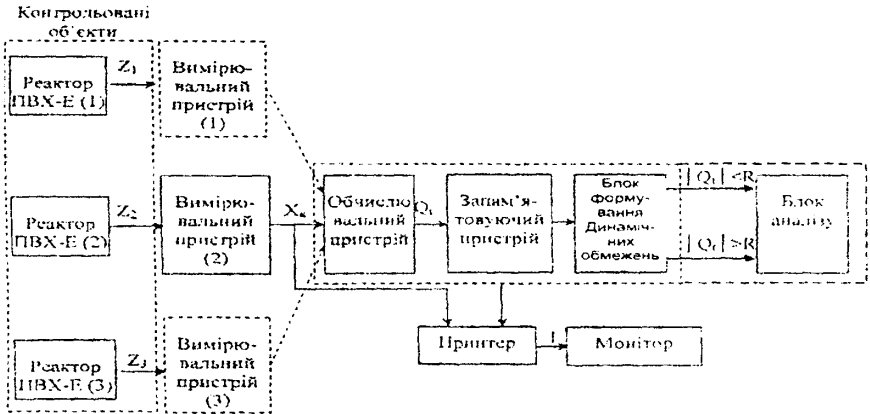


Рис. 3. Структура системи неперервного контролю показника К

Під час синтезу пристрою контролю показника К на основі інформації про потужність на валі мішалки реактора полімеризації ПВХ-Е розв'язано задачу автоматичної корекції похибок вимірвального пристрою, що виникають за рахунок втрат потужності в кабелі та двигуні, а також компенсації потужності холостого ходу електродвигуна. Структурна схема пристрою контролю показника К зображена на рис.4.

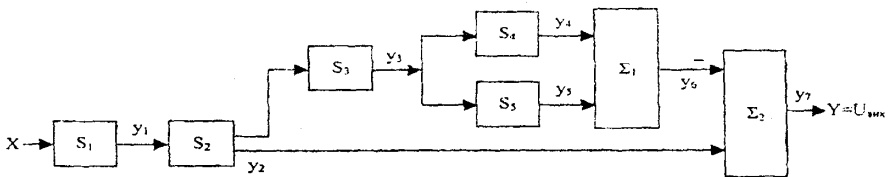


Рис. 4. Структурна схема пристрою контролю показника К

Функція перетворення пристрою має вигляд

$$Y = X[S_1 \cdot S_2 - S_3(S_4 + S_5)], \quad (9)$$

а чутливість його

$$S = [S_1 \cdot S_2 - S_3(S_4 + S_5)], \quad (10)$$

де S_1 – чутливість перетворювача механічного навантаження на валі мішалки в потужність на валі електродвигуна, S_2 – чутливість перетворювача активної потужності електродвигуна, S_3 – чутливість квадратора, S_4 – чутливість пристрою множення опору кабелю на квадрат струму електродвигуна, S_5 – чутливість пристрою множення опору обмотки двигуна на квадрат струму навантаження електродвигуна.

Подана структура пристрою (рис. 4) і функція перетворення були використані для аналізу чутливості пристрою та причин виникнення похибок, якими є: неідеальність фізичних характеристик елементів вимірювального каналу (мішалки, електродвигуна, вимірювального перетворювача активної потужності, блоку обчислювальних операцій) і залежність їх від експлуатаційних умов. Дослідження в реальних умовах експлуатації за умови, що контрольована величина K і тарувальна характеристика пристрою $U = f(K)$ під час аналізу є незмінними, дозволили визначити статичні похибки контролю: чутливість пристрою до контрольованого параметра $k = 0,416 \text{ В}$, абсолютну похибку чутливості $b = 0.038 \text{ В}$, відносну похибку чутливості $Y_k = 0,64\%$, а також вплив похибок нуля і чутливості на функцію перетворення пристрою контролю показника K .

Показано, що внаслідок змін значень сукупності факторів, які впливають в реальних умовах вимірювань, коефіцієнти k і b змінюються. Нестабільність чутливості початкового рівня вихідного сигналу пристрою приводить до того, що реальна функція перетворення (рис. 5) займає проміжне місце між двома крайніми штриховими лініями.

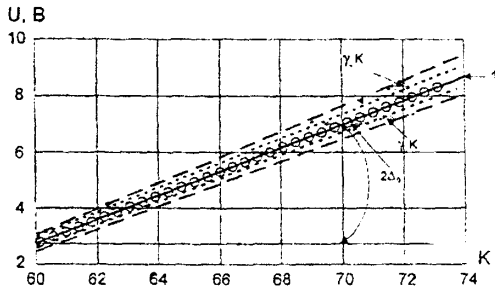


Рис. 5. Графічне зображення функції перетворення пристрою контролю показника K

Невизначеність результату контролю показника K обмежується значеннями $2\Delta_0 + 2\gamma_k K$, де Δ_0 – адитивна абсолютна похибка (абсолютна похибка нульового рівня), $\gamma_k K$ – мультиплікативна абсолютна похибка (абсолютна похибка чутливості), γ_k – відносна мультиплікативна похибка (відносна похибка чутливості).

Тоді функція перетворення вимірювального пристрою має такий вигляд:

$$U = k(K \pm \Delta_0)(1 \pm \gamma_k) = 0,416(K \pm 0,4)(1 \pm 0,64), \quad (11)$$

а абсолютна і відносна похибки визначаються відповідно виразами

$$\Delta = \Delta_0 + \gamma_K K = \frac{0,04 + 0,64K}{100}, \quad (12)$$

$$\gamma = \gamma_K + \frac{\Delta_0}{K} = 0,64 + \frac{0,4}{K} \cdot 100\%. \quad (13)$$

Геометричну інтерпретацію співвідношень (12), (13) наведено на рис. 6.

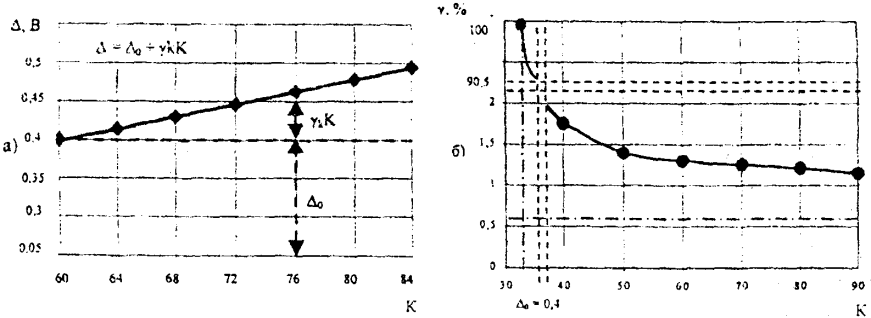


Рис. 6. Зв'язки абсолютної Δ і відносної γ похибок з показником K

Внаслідок інерційності всіх перетворювачів вимірювального каналу різниця між миттєвим значенням вимірюваної величини і результатом вимірювання суттєво змінюється залежно від швидкості зміни вхідного сигналу і характеристик вимірювальних перетворювачів. Це веде до появи динамічної похибки.

Проведено дослідження динамічних властивостей вимірювального каналу контролю показника K , які дозволили встановити, що електродвигун мішалки є аперіодичною ланкою першого порядку із сталою часу $0,118$ с, кабель є безінерційною ланкою, а пристрій контролю потужності на валі електродвигуна мішалки реактора полімеризації ПВХ-Е є інерційною ланкою першого порядку із сталою часу $0,08$ с.

Враховуючи передавальні функції електродвигуна, кабелю, пристрою контролю потужності на валі електродвигуна, обчислювального пристрою, визначено еквівалентну функцію передачі вимірювального каналу:

$$W_c(p) = \frac{k_c}{0,00944p^2 + 0,198p + 1}, \quad (14)$$

де $k_c = k_z k_{nk} k_{on} k_K$ – еквівалентний коефіцієнт передачі, який дорівнює добутку коефіцієнтів передачі k_K – електродвигуна, k_{nk} – пристрою контролю потужності, k_{on} – обчислювального пристрою, k_K – кабелю.

Визначено перехідну функцію каналу у вигляді:

$$h(t) = (1 - 3,105e^{-\frac{t}{0,118}} + 2,1e^{-\frac{t}{0,08}}), \quad (15)$$

за допомогою якої встановлена тривалість перехідного процесу, яка дорівнює $t_n = 0,58$ с, що підтверджує його досить високу швидкодію.

Визначені АЧХ і ФЧХ вимірювального каналу. Показано, що гармонійні сигнали малої частоти добре пропускаються каналом з відношенням амплітуд вихідної та вхідної величин, близьким до коефіцієнта передачі k_c , а коефіцієнт демпфування

$\xi = 1.0206$, що дає підстави вважати канал контролю еквівалентним аперіодичній ланці другого порядку, який виконує функції фільтра низької частоти.

Оскільки контроль показника K здійснюється в системі централізованого контролю, яка охоплює декілька реакторів полімеризації і інших апаратів, то визначили інтервал опитування давачів, який дорівнює $\Delta t = 2 \text{ мс}$.

Для забезпечення фільтрації вимірювальних сигналів від завод показано, що при використанні фільтра Калмана для отримання більш точних оцінок поточних значень контрольованої величини необхідно послідовно з давачами активної потужності розмістити фільтри з функціями передачі аперіодичної ланки першого порядку, сталі часу і коефіцієнти передачі яких визначаються на підставі статистичних характеристик контрольованих сигналів.

Шляхом математичного аналізу ймовірностей створення хибних команд і пропуску моменту переходу за межі допуску при контролі показника K встановлено, що ймовірність хибної команди $p_c = 10^{-7}$, ймовірність пропуску моменту переходу $p_n = 0.0012$. Останнє дало можливість визначити вірогідність та ефективність контролю показника K за допомогою розробленого методу, які становлять відповідно $\beta = 0.988$ і $E = 0.89$.

У четвертому розділі проведено метрологічний аналіз та метрологічне забезпечення каналу вимірювання. Для аналізу похибок вимірювання розроблено схему нагромадження похибок каналу контролю показника K , яку наведено на рис.7, де позначено: t_p – період повторення умовного імпульсного елемента, A_p – реальний оператор давача активної потужності, A_i – ідеальний оператор давача активної потужності, тобто оператор безінерційного перетворення з коефіцієнтом передачі $A_i = k_i$, $W_o(j\omega)$ – комплексна частотна характеристика аналогової частини ЦАП для каналу вимірювання активної потужності, $e^{j\omega t_p}$ – комплексна частотна характеристика фіктивної фазозсуваючої ланки, $t_{\text{ф}}$ – граничне значення похибки датування відліку, $x_0(t)$ – сигнал вимірювальної величини, $\varepsilon_0(t_i)$ – власні похибки давача, $\varepsilon(t)$ – похибка ЦАП, до складу якої входять адитивна і мультиплікативна похибки, а також похибка квантування, $\hat{y}^*(t)$ – результат окремих вимірювань показника K , $\varepsilon^*(t_i)$ – похибка результатів прямих вимірювань, характеристики яких у своєму складі враховують похибки ЦАП, $x^*(t_i)$ – значення ідеального сигналу в момент часу t_i .

Характеристики похибки $\varepsilon^*(t_i)$ прямих вимірювань можуть бути отримані не лише шляхом розрахунків з використанням формальних метрологічних компонентів і відповідних моделей, але й шляхом перевірки. Розроблено структурну схему перевірки каналу контролю показника K , яка дозволяє повірити вимірювальний канал комплектно у вигляді неперервного вимірювального ланцюга від давача до термінального пристрою. Для здійснення перевірки вимірювального каналу контролю показника K розроблені схема експериментальної установки, за допомогою якої створюються тестові сигнали, і порядок виконання робіт, підібрані взірцеві засоби перевірки. Це дало змогу зробити поелементну перевірку каналу контролю і визначити абсолютну похибку, поправку, відносну похибку, варіацію, а також здійснити градування вимірювального пристрою.

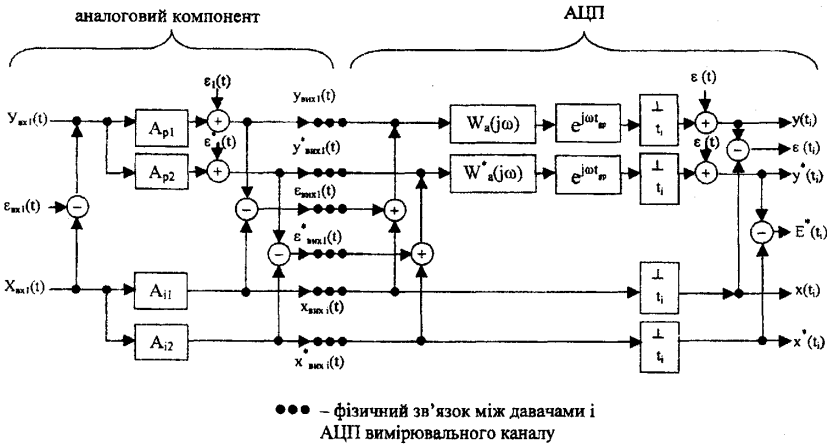


Рис. 7. Схема нагромадження похибок каналу контролю показника K

Розроблено порядок проведення перевірки вимірювального каналу пристрою контролю показника K , який складається з перевірки комплектності і стану технічної документації, візуального контролю, випробувань вимірювального каналу, що дали можливість, користуючись результатами експериментального визначення контрольних характеристик вимірювального каналу, прийняти вірне рішення про придатність його до використання.

Здійснено порівняння розробленого методу контролю показника K з відомими методами, що дало змогу встановити такі переваги нового методу, як: неперервність контролю якості латексу, можливість прогнозування показника K і корекції температури в реакторі ПВХ, стабілізацію технологічного процесу, зменшення простоїв обладнання, прискорення коригування режимів роботи реактора полімеризації ПВХ і його оптимізацію.

На основі аналізу результатів експериментальних досліджень визначені статистичні характеристики похибки пристрою контролю показника K , що дали змогу визначити його результуючу відносну похибку, яка складає 6,68%, що задовольняє вимоги технологічного регламенту.

В додатках до дисертації приведені акти впровадження і використання результатів досліджень.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено актуальну науково-технічну задачу розробки системи неперервного контролю комплексного показника якості полівінілхлориду K , за допомогою якого контролюється ступінь полімеризації емульсійного полівінілхлориду ПВХ-Е. Вирішення цієї задачі має важливий народногосподарський значення у нафтохімічній галузі, оскільки дозволяє підвищити якість процесу отримання ПВХ.

Виконані в дисертаційній роботі дослідження дають змогу зробити наступні висновки:

1. На основі проведеного аналізу сучасного стану проблеми контролю якості полівінілхлоридних смол встановлено, що відомі методи і засоби контролю K_{ϕ} не дозволяють отримати неперервну і вірогідну інформацію про якість процесу полімеризації вінілхлориду, а запропонований комплексний показник якості полівінілхлориду K можна визначити непрямим методом за потужністю на валі мішалки реактора полімеризації. Однак, для цього необхідно провести ряд теоретико-експериментальних досліджень, які сформульовані у вигляді задач дисертаційної роботи, що потребують вирішення.
2. Розроблена узагальнена модель об'єкта контролю константи K_{ϕ} з використанням комплексного аналітико-статистичного підходу та врахуванням особливостей процесу полімеризації ПВХ-Е, яка дозволяє визначити клас задачі контролю як визначення подій в умовах невизначеності; введений комплексний показник якості полівінілхлориду K .
3. За результатами експериментальних досліджень визначена періодичність контролю технологічних параметрів процесу полімеризації, яка становить $T \leq (1.05 - 1.75)$ год. при заданій похибці апроксимації $\xi = 2.5\%$ і $T \leq 0.636$ год. для K . При $\xi = 1.5$ періодичність контролю K становитиме $T \leq 0.18$ год., що побічно вказує на відсутність взаємозв'язку технологічних параметрів з K . Хоч такий зв'язок і проявляється після 16-38 год. роботи реактора полімеризації, як показали результати аналітико-статистичного аналізу, однак він не може бути використаний для контролю K .
4. На основі результатів експериментальних досліджень інформаційних властивостей активної потужності, що споживається електродвигуном приводу мішалки, встановлена її лінійна залежність від показника K з коефіцієнтом кореляції $R_K = 0.953$ для заданого рівня значущості $q = 0.05$, адекватність якої перевірена за критерієм Фішера. За визначеними допусками для K , вихід за межі яких сигналізує про порушення якості процесу полімеризації ПВХ, визначені межі допусків для потужності на валі електродвигуна мішалки та розроблено алгоритм їх реалізації.
5. На основі встановленого взаємозв'язку $K = f(P)$ розроблено метод контролю показника K та його технічну реалізацію – пристрій контролю K , дослідження яких в реальних умовах експлуатації дозволили визначити статичні похибки пристрою: його чутливість до контрольованого параметру (0.416 В), абсолютну похибку чутливості (0.038 В), відносну похибку чутливості (0.64), а також вплив похибки нуля і чутливості на функцію перетворення пристрою. Визначена середньоквадратична результуюча похибка пристрою контролю, яка становить 6,68%, а визначені вірогідність та ефективність контролю показника K за допомогою розробленого методу відповідно становлять $\beta = 0.988$ і $E_K = 0.89$.
6. Для перевірки вимірювального каналу пристрою контролю K розроблена схема експериментальної установки, її методичне та технічне забезпечення, що дозволило розробити порядок проведення перевірки вимірювального каналу пристрою контролю K , здійснити його поелементну перевірку і визначити

абсолютну похибку, поправку, відносну похибку, варіацію та здійснити градування приладу.

7. Проведено порівняння розробленого методу контролю К з відомими, в результаті чого виявлені наступні основні переваги: можливість прогнозування К і регулювання температури в реакторі ПВХ, прискорення коригування режимів роботи реактора полімеризації ПВХ.

Проведена промислова апробація розробленої системи контролю якості полівінілхлориду в умовах ЗАТ "Лукор", результати якої підтвердили її ефективність.

Розроблену систему контролю якості полівінілхлориду можна рекомендувати для неперервного контролю властивостей пластизолей в процесі їх виготовлення, що значно розширює можливості практичного застосування результатів роботи.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Лещій Р.М. Метрологічна модель каналу контролю константи Фікентчера К // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – 2004. - №1 (7). – С. 62-66.
2. Лещій Р.М. Метод неперервного контролю ступеня полімеризації емульсійного полівінілхлориду // Методи та прилади контролю якості.– 1999. – №4. – С. 70-71.
3. Лещій Р.М. Контроль показників якості емульсійного полівінілхлориду // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 1998. – №3. – С.41-44.
4. Лещій Р.М. Контроль моменту на валі електродвигуна мішалки непрямым методом // Вісник ДУ "Львівська політехніка". Серія "Електроенергетичні та електромеханічні системи". – Львів: Львівська політехніка. – 1999. – №372. – С.97-100.
5. Лещій Р.М. Аналіз методів автоматичного контролю якості нафтопродуктів та високомолекулярних хлорвміщуючих вуглеводнів // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. Серія: Технічна кібернетика та електрифікація об'єктів паливно-енергетичного комплексу. – Івано-Франківськ: ІФДУНГ. – 1996. Вип.33. – С. 80-86.
6. Лещій Р.М. Автоматизований контроль якості полівінілхлориду (ПВХ) в умовах Калуського ВАТ "Оріана" // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. Серія: Технічна кібернетика та електрифікація об'єктів паливно-енергетичного комплексу. – Івано-Франківськ: ІФДУНГ. – 1998. Вип.35 (6). – С.81-85.
7. Лещій Р.М. Основні фізичні закономірності зв'язку потужності, що витрачається- на змішування, з гідродинамічними параметрами рідини в реакторі полімеризації емульсійного полівінілхлориду (ПВХ-Е) // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. Серія: Технічна кібернетика та електрифікація об'єктів паливно-енергетичного комплексу. – Івано-Франківськ: ІФДУНГ. – 2000. Вип.38. – С. 290-293.
8. Лещій Р.М. Інформаційно-енергетична модель електродвигуна // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. Серія: Технічна кібернетика



- та електрифікація об'єктів паливно-енергетичного комплексу. – Івано-Франківськ: ІФДТУНГ. – 1999. Вип.36 (6). – С. 151-160.
9. Чигур І.І., Лещій Р.М., Кикляк В.М. Аналіз методів контролю моменту на валі механізмів з електричним приводом // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. Серія: Методи та засоби технічної діагностики. – Івано-Франківськ: ІФДТУНГ. – 1999. Вип.36 (8). – С. 177-186.
 10. Аверкієва В.В., Лещій Р.М., Дранчук М.М. Фільтрація вимірювальних сигналів від перешкод при неперервному контролі константи Фікентчера K у виробництві полівінілхлориду емульсійного ПВХ-Е // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. Серія: Технічна кібернетика та лектрифікація об'єктів паливно-енергетичного комплексу. – Івано-Франківськ: ІФДТУНГ. – 2001. – вип. 37(том 6). – С. 120-125
 11. Лещій Р.М. Анализ методов контроля показателей качества нефтепродуктов // Материалы международной научно-технической конференции «Проблеми нефтегазового комплекса России», посвященной 50-летию УГНТУ. – Уфа: УГНТУ. – 1998. – С. 189-192.
 12. Лещій Р.М. Інтелектуальна система контролю та управління виробництвом дінілхлориду (ВХ) // Тези 3-ї Української конференції з автоматичного управління “Автоматика - 96”. - м. Севастополь: 1996. – С. 75.
 13. Лещій Р.М. Розробка структури інтелектуальної системи контролю якісних параметрів ВХ // Тези науково-технічної конференції професійно-викладацького складу університету. – Івано-Франківськ: ІФДТУНГ. – 1997. – С. 163.
 14. Аверкієва В.В., Лещій Р.М. Джерела нечіткої інформації про об'єкти контролю і керування // Тези науково-технічної конференції професійно-викладацького складу університету, - Івано-Франківськ: ІФДТУНГ. – 1998. – С. 53-61.
 15. Лещій Р.М. Взаємозв'язки потужності, що витрачається на змішування з фізичними властивостями рідини // Тези науково-технічної конференції професійно-викладацького складу університету. – Івано-Франківськ: ІФДТУНГ. – 1999. – С. 43-44.
 16. Лещій Р.М. Інформаційна модель контролю якості продукту в реакторі полімеризації // Тези доповідей учасників міжнародної науково-практичної конференції «Інтелектуальні системи прийняття рішень та інформаційні технології». – Чернівці: ЧФЮІ. – 2004. – С.176-177.
 17. Лещій Р.М. Математичне моделювання і контроль якості полімеризації емульсійного полівінілхлориду (ПВХ-Е) в реальному часі // Матеріали 3 міжнародної науково-практичної конференції “Динаміка наукових досліджень – 2004”, Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2004. – С.38-40.
 18. Лещій Р.М., Кикляк В.М. Метод неперервного контролю якості латексу у виробництві полівінілхлориду емульсійного // Збірник наукових праць. Матеріали 6-ї міжнародної науково-практичної конференції "Нафта і газ України". - 2000. – Івано-Франківськ: Факел. – 2000. – С. 284–285.
 19. Лещій Р.М. Визначення статичних характеристик і результуючої відносної похибки пристрою контролю константи Фікентчера K в умовах виробництва

- полівінілхлоридних смол // Тези науково-технічної конференції професійно-викладацького складу університету. – Івано-Франківськ:Факел. – 2002. – С.99-100.
20. Лещій Р.М. Пристрій для контролю ступеня полімеризації полівінілхлориду в режимі on-line // Матеріали 7-ї міжнародної науково-практичної конференції “Наука і освіта, 2004”. – Дніпропетровськ – Технічні науки. Том 64. – 2004. – С.55-57.
21. Лещій Р.М. Метрологічні характеристики каналу контролю константи Фікентчера К // Матеріали 3 міжнародної науково-практичної конференції “Динаміка наукових досліджень – 2003”, Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2003. – С.14-17.
22. Лещій Р.М. Автоматизований контроль інтегрального показника якості полівінілхлориду в реакторі полімеризації // Матеріали 11-ої міжнародної конференції по автоматичному управлінню “Автоматика-2004”, Київ. Том 2. – 2004. – С.39.

Анотація

Лещій Р. М. Розробка системи контролю якості полівінілхлориду в процесі його виробництва. — Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05. 11. 13 — прилади і методи контролю та визначення складу речовин. — Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. — Івано-Франківськ, 2005.

Робота присвячена розробці методу і системи контролю якості полівінілхлориду (ПВХ) в процесі його виробництва, які базуються на експериментально-аналітичному дослідженні характеристик випадкових процесів і особливостей технологічного режиму процесу полімеризації.

Запропоновано новий високоефективний метод неперервного контролю комплексного показника якості полівінілхлориду К за зміною потужності, що споживається електродвигуном мішалки реактора полімеризації полівінілхлориду емульсійного. Показано і обґрунтовано, що інваріантність методу при різних структурних формах руху суміші досягається використанням інформації про потужність на валі лопатевої мішалки з електричним приводом. На підставі теоретико-експериментальних досліджень взаємозв'язків параметрів процесу виробництва ПВХ з потужністю на валі мішалки реактора полімеризації розроблена адекватна інформаційна модель контролю комплексного показника якості К та система контролю якості процесу полімеризації ПВХ за потужністю на валі мішалки реактора полімеризації, що дозволяє оператору приймати ефективні рішення стосовно контролю якості латексу в процесі його полімеризації та запобіганню виникнення аварійних ситуацій. Проведено метрологічний аналіз розробленої системи.

Техніко-економічні рекомендації прийняті для промислового впровадження у виробництві ПВХ головного заводу ЗАТ „Лукор”, а також у навчальному процесі.

Ключові слова: система контролю, полівінілхлорид, реактор полімеризації, мішалка, комплексний показник якості, потужність, інформаційна модель.

Аннотація

Лещий Р. М. Разработка системы контроля качества поливинилхлорида в процессе его производства. — Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05. 11. 13 — приборы и методы контроля и определения состава веществ. — Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа. — Ивано-Франковск, 2005.

Работа посвящена разработке метода и системы оперативного контроля качества поливинилхлорида в процессе его производства, которые базируются на экспериментально-аналитическом исследовании характеристик случайных процессов и особенностей технологического режима процесса полимеризации.

Предложен новый высокоэффективный метод непрерывного контроля комплексного показателя качества поливинилхлорида (ПВХ) – К в реакторе полимеризации. Источником информации служит поток электрической энергии, подаваемой к электродвигателю мешалки реактора полимеризации. Метод позволяет непрерывно анализировать качество латекса и более полно использовать мощность двигателя мешалки, а разработанная адекватная информационная модель контроля показателя качества К дает возможность оператору принимать эффективные решения, касающиеся контроля качества латекса в процессе его полимеризации, достичь более высоких технико-экономических показателей процесса, улучшить условия труда, предотвратить возникновение аварийных ситуаций, потерь продукции, простоя аппаратов и загрязнения окружающей среды.

Основные результаты работы включены в технологическую схему промышленного производства ПВХ в составе системы автоматизированного контроля, а научные положения внедрены в учебный процесс.

Диссертация состоит из вступления, четырёх разделов и приложений.

Во вступлении обосновывается актуальность темы диссертации, показана связь с научными программами, планами, темами, сформулированы цель и задачи исследования, предоставлены научная новизна и практическое значение полученных результатов. Определен личный вклад соискателя и приведена информация об апробации результатов работы.

В первом разделе проанализированы существующие способы получения ПВХ, подтверждена перспективность производства эмульсионного поливинилхлорида ПВХ – Э для получения ассортимента марок ПВХ и пластизолой. Произведенный анализ подтвердил необходимость непрерывного контроля качества ПВХ с помощью источника непрерывной информации в реакторе полимеризации — энергетического показателя электропривода мешалки — активной мощности на валу двигателя.

Выбраны и обоснованы направления исследований для контроля комплексного показателя качества поливинилхлорида К.

Второй раздел посвящен теоретическому обоснованию разработки метода контроля качества ПВХ: разработана модель объекта контроля; определены информационные показатели процесса полимеризации ПВХ; исследованы статистические характеристики и установлена взаимосвязь параметров процесса производства с мощностью на валу мешалки; предоставлен алгоритм, позволяющий принимать оптимальные решения прогнозирования перехода показателя качества К за допустимые границы.

В третьем разделе разработана система контроля качества процесса полимеризации ПВХ и структурная схема устройства контроля комплексного показателя качества поливинилхлорида К, исследованы динамические свойства измерительного канала контроля показателя К, определены технико-экономические показатели контроля К.

Четвертый раздел посвящен метрологическому анализу разработанной системы и метрологическому обеспечению канала контроля комплексного показателя качества поливинилхлорида К. Результирующая относительная погрешность составляет 6.68%.

Разработанный метод и система контроля комплексного показателя качества поливинилхлорида К включен в технологическую схему производства ПВХ – Э в составе системы автоматизированного контроля. Внедрение метода позволяет стабилизировать показатель качества К, снизить себестоимость латекса, повысить эффективность процесса полимеризации ПВХ.

Ключевые слова: система контроля, реактор полимеризации, мешалка, комплексный показатель качества, мощность, информационная модель.

Summary

Leshchiy R. M. Development polyvinylchloride quality control system process of it's production. — Manuscript.

Dissertation for obtaining a scientific degree of Candidate of Technical Sciences in speciality 05. 11. 13 — Devises and Methods of Control and Determination of the Content of Substances. — Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas. – Ivano-Frankivsk, 2005.

The dissertation is devoted to the development of a method and system of PVC quality control in the process of it's production, which is based on experimental and analytic research of the feature of stochastic processes and specifics of the technological mode of the polymerization process.

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 – E (emulsion) polymerization reactor. The dissertation demonstrates and substantiates that the method invariance at different structural forms of the mixture flow is achieved by utilization of a special measuring converter, whose main components are the blade mixer and the geared electric engine. Based on the theoretical and experimental research of correlation between polymerization process parameters and the power consumed at the shaft of the reactor mixer. The author

has developed an adequate information model of control of the integral quality indicator K and a system of control of the PVC polymerization process through the power consumed at the shaft of the reactor mixer, which enables an operator to take effective decision related to control of latex quality in the process of it's polymerization and accident prevention. A metrological analysis of the control system is conducted.

Technical and economic recommendations are adopted for industrial implementation in the PVC production at "LUKOR", as well as in the educational process.

Key words: PVC, control system, polymerization reactor, integral quality indicator, power, information model.

