**Богачук Володимир Васильович. Методи та засоби вимірювального контролю вологості порошкоподібних матеріалів в інфрачервоній області : Дис... канд. наук: 05.11.13 – 2007**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | **Богачук В.В. Методи та засоби вимірювального контролю вологості порошкоподібних матеріалів в інфрачервоній області. –**Рукопис.  Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.11.13 – Прилади і методи контролю та визначення складу речовин. – Вінницький національний технічний університет, Вінниця – 2007.  Дисертацію присвячено дослідженню проблемних питань, пов’язаних з удосконаленням методів та розробкою на їх основі нових інфрачервоних засобів контролю вологості порошкоподібних матеріалів, а також підвищенням швидкодії та вірогідності контролю. В роботі представлено порівняльний аналіз відомих методів та засобів вимірювання вологості, виявлено їх переваги та недоліки, обґрунтовано доцільність використання інфрачервоних засобів для автоматизованого контролю вологості порошкоподібних матеріалів. Досліджено об’єкт контролю та удосконалено математичну модель процесу конвективної сушки порошкоподібних матеріалів.  Вдосконалено математичну модель первинного вимірювального перетворювача та отримано рівняння перетворення. Проведено оцінювання його основних статичних метрологічних характеристик. На основі отриманого рівняння перетворення модифіковано метод безпосереднього контролю та вперше розроблено відносний метод контролю вологості, а також структурні схеми для їх реалізації. Отримано аналітичну залежність для корекції мультиплікативної складової похибки. Запропоновано методику оцінювання комбінованої невизначеності вимірювань.  Створено експериментальний зразок двоканального засобу контролю вологості в автоматичному режимі роботи у реальному часі, який реалізує відносний метод, та отримано залежності для оцінювання основних статичних метрологічних характеристик. Проведено метрологічні дослідження експериментального зразка, встановлено нормовані значення абсолютної, відносної та зведеної похибок. Досліджено закони розподілу контрольованої величини та похибки вимірювання. На основі розрахованих помилок першого і другого роду оцінено вірогідність контролю темогравіметричним методом, методом безпосередньої оцінки та відносним методом. | |
| |  | | --- | | В дисертаційній роботі на основі проведених досліджень розвинуто відомі теоретичні, метрологічні та експериментальні основи вимірювального контролю вологості порошкоподібних матеріалів в умовах їхнього виробництва.  Основні наукові та прикладні результати роботи полягають у наступному:  1. Проаналізовано відомі методи та засоби контролю вологості порошкоподібних матеріалів та теоретичні підходи, що покладено в основу їх побудови. Встановлено, що на сучасному етапі розвитку теорії та техніки актуальним і перспективним є створення нових методів та засобів автоматизованого контролю вологості в реальному часі з вірогідністю, яка притаманна термогравіметричному методу.  2. Вдосконалено математичну модель об’єкта контролю у вигляді системи диференційних рівнянь, що адекватно описує фізичні процеси, які протікають під час конвективної сушки порошкоподібних матеріалів. Встановлено закономірність між вхідною величиною (температура гарячого повітря) та вихідною – вологовміст порошкоподібних матеріалів. Обгрунтовано зв’язок між допусками на контрольований параметр (від 3,5% до 4,5%) і відповідними змінами температури гарячого повітря (від 700С до 1300С). Доведено адекватність даних моделей (похибки моделей не перевищують 10%) і необхідність використання для аналізу автоматизованих засобів контролю вологості.  3. Вдосконалено математичну модель вимірювального перетворення вологості порошкоподібних матеріалів в інфрачервоній області, яка від відомих відрізняється тим, що враховує параметри джерела світла. Отримано рівняння перетворення, яке однозначно пов’язує вихідну величину – значення фотоструму і вхідну – значення вологості. Показано, що статична характеристика пропонованого вимірювального перетворювача лінійна. Доведено, що в процесі зміни значення світлового потоку, залежно від типу лампи в джерелі світла, мультиплікативна похибка може досягати 0,8, а від заміни інтерференційного фільтра – 0,5. Одержано аналітичні залежності для корекції цієї складової похибки.  4. Вдосконалено метод безпосереднього контролю, суть якого полягає в тому, що, якщо опромінювати об’єкт контролю від джерела світла в ІЧ-області, то відбитий від нього промінь сприймається фотоприймачем, який перетворює випромінювання, що на нього поступило, в електричний сигнал. При цьому коефіцієнт відбиття від вологого порошкоподібного матеріалу однозначно пов’язаний з контрольованим параметром лінійною залежністю. Введено корекцію на значення мультиплікативної складової похибки, яка виникає за рахунок зміни світлового потоку джерела світла. Виведено рівняння перетворення для мікропроцесорного одноканального засобу контролю вологості і показано, що даний вологомір має лінійну статичну характеристику. Аналіз рівняння похибки квантування показує, що значення цієї складової похибки в межах зміни контрольованої величини не перевищує 0,25%. Оцінено невизначеність вимірювань та вірогідність контролю для даного засобу контролю.  5. Вперше розроблено відносний метод контролю вологості порошкоподібних матеріалів та структурну схему для його реалізації. При вимірюванні вологості за відносним методом та відповідною структурною схемою результат визначається різницею відношень спектральних коефіцієнтів відбиття вимірювального та опорного каналів при нульовій вологості, а метрологічні характеристики вологоміра визначаються в основному конструкцією вологоміра. Показано, що при створенні однакової освітленості фотоприймачів вимірювального та опорного каналів, не залежно від величини частинок порошку, його пористості, шорсткості, кольору отримується висока точність (зведена похибка не перевищує 1,8 %).  Доведено, що навіть при наявності значної залежності параметрів фотоприймачів від температури, її вплив на результати вимірювання практично зводиться до нуля. Якщо коефіцієнти підсилення відрізняються в 2-3 рази, то температурна похибка виражається в сотих відсотка вологості. Доведено, що для засобу контролю, реалізованого за такою структурною схемою, відсутній вплив кольоровості об’єкта контролю на показник вологоміра.  6. Запропоновано методику оцінювання комбінованої невизначеності вимірювань, яка складається з аналізу попередньо отриманих аналітичних залежностей для оцінки адитивної і мультиплікативної складових систематичної похибки та експериментальних статистичних характеристик випадкової складової похибки на прикладі засобу вимірювання вологості сухого молока та прального порошку в умовах їхнього виробництва.  Показано, що розрахунок комбінованої стандартної невизначеності доцільно проводити, якщо стандартна невизначеність за типом А та стандартна невизначеність за типом В є сумірними величинами, інакше комбінована невизначеність просто приймається рівною більшій величині.  7. На основі запропонованої методики розроблено функціональні схеми та алгоритми роботи мікропроцесорних засобів контролю вологості за методом безпосередньої оцінки та відносним методом.  В результаті метрологічних досліджень експериментального зразка засобу контролю встановлено нормовані значення абсолютної, відносної та зведеної похибок. Максимальна зведена похибка засобу контролю вологості порошкоподібних матеріалів не перевищує 1,8 %, а клас точності даного приладу складає 2,0.  8. Експериментально досліджено закони розподілу контрольованих величин і похибки вимірювання. Доведено, що дані закони є нормальними. Для термогравіметричного методу та засобів контролю, які реалізують відносний і метод безпосередньої оцінки, отримано номограми для оцінювання вірогідності контролю. Встановлено, що засіб контролю який реалізує метод безпосередньої оцінки забезпечує вірогідність контролю вологості сухого молока в межах 0,801 – 0,887. Такий результат практично відповідає вірогідності контролю термогравіметричного методу (0,813 – 0,897). Показано також, що засіб контролю, що реалізує відносний метод контролю, має дещо кращий показник (0,86 – 0,95).  Дані результати дозволяють стверджувати, що розроблені засоби контролю, можуть застосовуватись у виробничих умовах технологічного процесу виготовлення порошкоподібних матеріалів для контролю вологості в реальному часі, а результати контролю використовувати в системі автоматизованого управління якості. | |