

1. Нейман Л.Р., Димерчан К.С. Теоретические основы электротехники. – М.: Энергоиздат, 2003.
2. Теоретические основы электротехники. Том II. Нелинейные цепи и основы теории электромагнитного поля: Учебник для электротех. вузов. / Под ред. П.А. Ионкина. – Изд. 2-е, перераб и доп. – М.: Высшая школа, 1972. 3. Клауснатцер Г. Введение в электротехнику. – М., 1985. – 480 с. 4. Малинівський С.М. Загальна електротехніка. – Львів: Бескид-Біт, 2003. – 500 с. 5. Атабеков Г.И., Купалян С.Д., Тимофеев А.Б., Хухриков С.С. Теоретические основы электротехники / Под ред Г.И. Атабекова. Ч. 2 и 3. Нелинейные цепи. Электромагнитное поле. – Москва-Ленинград: Энергия, 1966. – 280 с.

УДК 621.317

В.О. Поджаренко¹, В.М. Дідич², О.М. Васілевський¹

¹Вінницький національний технічний університет,

²Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова,

ОЦІНКА ВІРОГІДНОСТІ АВТОМАТИЗОВАНОГО КОНТРОЛЮ СКЛАДОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ГУМУСУ В ҐРУНТІ

© Поджаренко В.О., Дідич В.М., Васілевський О.М., 2009

Здійснено оцінку помилок першого і другого роду, побудовано характеристики їхніх змін та визначено вірогідність автоматизованого контролю складових елементів гумусу в ґрунті.

The estimation of errors of the first and second family is carried out, descriptions of their change and certainly authenticity of the automated control of making elements of humus are built in soil.

Вступ. На всіх етапах розвитку людського суспільства родючість ґрунту, від якої залежать якісні та кількісні показники врожайності, була, є і буде найголовнішою турботою агропромислового комплексу України. Постійне вивчення та дослідження властивостей ґрунтів і оцінка їхніх потенціальних можливостей в плані забезпечення врожайності є неодмінним супутником сучасного сільського господарства, що націлене на розроблення інтенсивних методів вирощування сільськогосподарських культур. Ґрунт, як будь-яке природне тіло біосфери (вода, торф, вугілля), обов'язково містить продукти життєдіяльності мікроорганізмів, які посилюють його родючість. Одним з таких найважливіших продуктів є гумус – специфічний органічний субстрат, який характеризує ґрунт в плані його потенційної родючості. Гумусоутворення являє собою дуже складний фізико-хімічний процес, що проходить під впливом великої кількості зовнішніх випадкових та невідповідних факторів, які ведуть до певної імовірнісної характеристики його складу. Тому сьогодні актуальним є контроль основних складових елементів гумусу (амонійного азоту, нітратного азоту, фтору, калію) від яких залежить хімічна активність ґрунту.

Автоматизація контролю гумусового стану ґрунту була і є найголовнішим завданням сільського господарства, оскільки від нього прямо залежать якісні та кількісні показники врожайності.

Аналіз стану досліджень та публікацій. Вірогідність контролю можна визначити за допомогою розрахунку помилок контролю першого та другого роду, які для загальних випадків розглянуто в [1–3]. Загальна безумовна вірогідність D прийняття засобом контролю правильного рішення визначається як:

$$D = 1 - P_n = 1 - (\alpha + \beta), \quad (1)$$

де α – помилка першого роду (хибна тривога); β – помилка другого роду (пропуск сигналу); P_n – вірогідність прийняття засобом контролю помилкового рішення.

Контрольні прирости полів допуску за нижньою та верхньою межами прийемо такими, що дорівнюють нулю, а поле допуску параметрів, що контролюються, у цьому випадку це активність іонів рХ складових елементів гумусу, визначимо за формулою [4]:

$$\Delta = \frac{pX_{\max}}{100} \delta_{\text{дмак}}, \quad (2)$$

де pX_{\max} – максимальна активність іонів складових елементів гумусу (максимальне значення для нітратного азоту становить 0,3 рХ); $\delta_{\text{дмак}}$ – максимально допустима відносна похибка вимірювання (для вимірювального каналу активності іонів вона становить 0,7 % в діапазоні вимірювань від 6 до 0,3 рХ).

Метою статті є дослідження характеристик зміни законів розподілу, помилок автоматизованого контролю першого і другого роду та хибної вірогідності контролю для оцінки вірогідності прийняття автоматизованими засобами контролю активності іонів правильного рішення.

Результати дослідження вірогідності контролю. Розглянемо помилки контролю активності іонів при використанні розробленого вимірювального каналу [5]. Закон зміни активності іонів залежить від багатьох причин, таких, як активність іонів, що заважають, технологічна неточність виготовлення іонселективних електродів, температура, дрейф нуля, нестабільність джерела живлення тощо, серед яких важко виділити ту, яка домінує. Це дає змогу прийняти закон розподілу центрованого значення активності іонів за нормальний, який опишемо виразом:

$$p(\Delta pX) = \frac{1}{\sigma_{\Delta pX} \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{\Delta pX^2}{2\sigma_{\Delta pX}^2}\right], \quad (3)$$

де ΔpX – центроване значення активності іонів; $\sigma_{\Delta pX}$ – середньоквадратичне відхилення (СКВ) центрованого значення активності іонів.

Сумісну двовимірну щільність вірогідності активності іонів та сумарної похибки вимірювання ε визначимо з виразу:

$$p(\Delta pX, \varepsilon) = p(\Delta pX) \cdot p(\varepsilon) = \frac{1}{2\pi\sigma_{\Delta pX}\sigma_{\varepsilon}} \exp\left(-\frac{\Delta pX^2}{2\sigma_{\Delta pX}^2} - \frac{\varepsilon^2}{2\sigma_{\varepsilon}^2}\right). \quad (4)$$

Характеристику зміни сумісної двовимірної щільності вірогідності контролю при $\sigma_{\varepsilon} \approx \sigma_{\Delta pX}$ подано на рис. 1, а, а закони розподілу похибок вимірювального каналу активності іонів при $\sigma_{\varepsilon} < \sigma_{\Delta pX}$, $\sigma_{\varepsilon} \approx \sigma_{\Delta pX}$ і $\sigma_{\varepsilon} > \sigma_{\Delta pX}$ – на рис. 1, б.

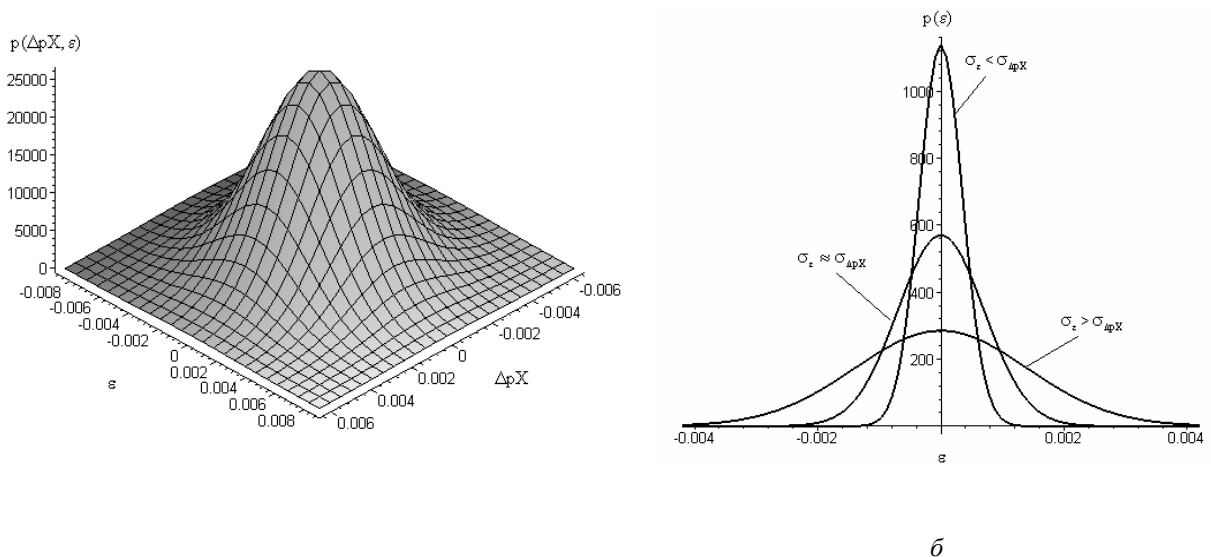


Рис. 1. Характеристики зміни законів розподілу: сумісної двовимірної щільності вірогідності (а) та похибки вимірювальних каналів активності при різних значеннях СКВ (б)

Врахувавши сумісну двовимірну щільність (4), помилку першого роду при автоматизованому контролі активності іонів знайдемо за формулою:

$$\alpha = \frac{1}{2\pi\sigma_{\Delta pX}\sigma_{\epsilon}} \int_{-\Delta}^{\Delta} \left[\int_{-\infty}^{-\Delta-\Delta pX} \exp\left(-\frac{\Delta pX^2}{2\sigma_{\Delta pX}^2} - \frac{\epsilon^2}{2\sigma_{\epsilon}^2}\right) d\epsilon + \int_{\Delta-\Delta pX}^{\infty} \exp\left(-\frac{\Delta pX^2}{2\sigma_{\Delta pX}^2} - \frac{\epsilon^2}{2\sigma_{\epsilon}^2}\right) d\epsilon \right] d\Delta pX, \quad (5)$$

а помилку другого роду відповідно до [3, 4] розрахуємо за виразом:

$$\beta = \frac{1}{2\pi\sigma_{\Delta pX}\sigma_{\epsilon}} \left(\int_{-\infty}^{-\Delta} \int_{-\Delta-\Delta pX}^{\Delta-\Delta pX} \exp\left(-\frac{\Delta pX^2}{2\sigma_{\Delta pX}^2} - \frac{\epsilon^2}{2\sigma_{\epsilon}^2}\right) d\Delta pX d\epsilon + \int_{\Delta}^{\infty} \int_{-\Delta-\Delta pX}^{\Delta-\Delta pX} \exp\left(-\frac{\Delta pX^2}{2\sigma_{\Delta pX}^2} - \frac{\epsilon^2}{2\sigma_{\epsilon}^2}\right) d\Delta pX d\epsilon \right) \quad (6)$$

Для розрахунку помилок контролю першого та другого роду поле допуску Δ визначене з рівняння (2), дорівнює $2,1 \cdot 10^{-3}$ рХ, СКВ активності іонів отримано в результаті експериментальних досліджень, числове значення якого не перевищує $\sigma_{\Delta pX} \leq 0,75 \cdot 10^{-3}$ рХ у діапазоні вимірювань від 6 до 0,3 рХ.

Підставляючи визначені параметри у формули для розрахунку помилок контролю першого (5) та другого (6) роду і розв'язавши їх за допомогою математичного пакета Maple, отримали такі числові значення: помилка першого роду $\alpha=0.0375$, а помилка другого роду $\beta=0.00195$. Вірогідність прийняття засобом контролю помилкового результату для знайдених помилок контролю становить $P_n = 0.0375 + 0.00195 = 0.0395$, а вірогідність прийняття правильного результату відповідно до (1) становить $D = 1 - P_n = 1 - 0.0395 = 0,9605$.

Дослідження характеристик зміни помилок автоматизованого контролю від показника $\mu = \sigma_{\epsilon} / \sigma_{\Delta pX}$, що визначає співвідношення між СКВ сумарної похибки вимірювального каналу σ_{ϵ} і СКВ допустимої похибки контролю активності іонів $\sigma_{\Delta pX}$, при $\sigma_{\epsilon} < \sigma_{\Delta pX}$, $\sigma_{\epsilon} \approx \sigma_{\Delta pX}$ і $\sigma_{\epsilon} > \sigma_{\Delta pX}$, здійснено за допомогою математичного моделювання в пакеті Maple. Результати досліджень помилок контролю першого та другого роду і помилкової вірогідності наведено на рис. 2 а, б і рис. 3.

З отриманих характеристик зміни помилок контролю видно, що при СКВ сумарної похибки вимірювального каналу σ_{ϵ} , що приблизно дорівнює СКВ допустимої похибки контролю активності іонів, вірогідність контролю не менша за 96,05 %, а якщо СКВ сумарної похибки вимірювального каналу буде в 1,3 раза більшим за допустиму похибку контролю, то вірогідність контролю складових елементів гумусу в ґрунті не буде меншою за 91 %.

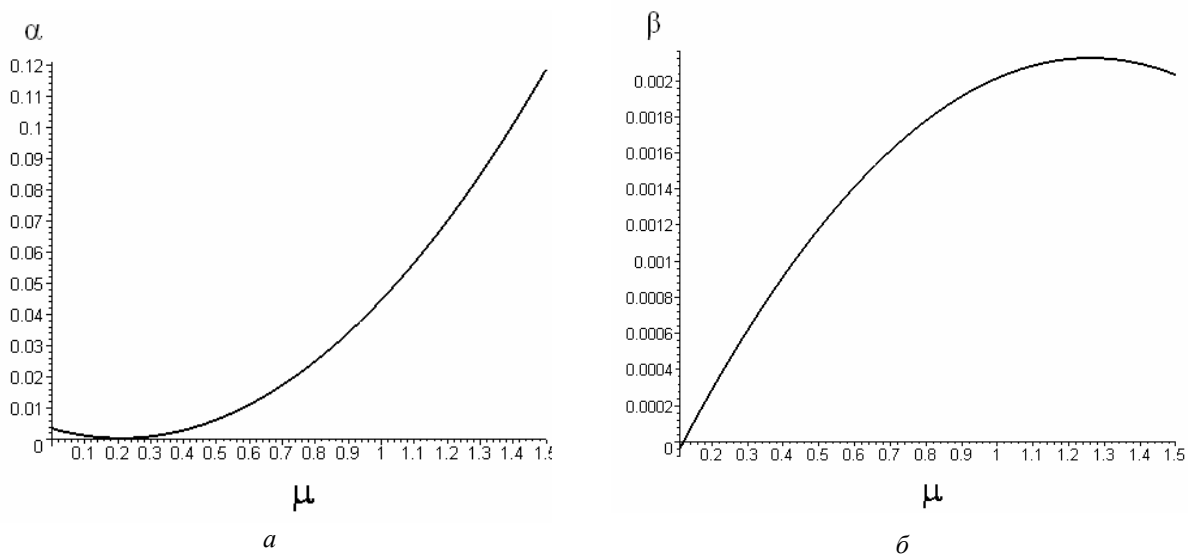


Рис. 2. Характеристики зміни помилок автоматизованого контролю активності іонів: першого роду (а) та другого роду (б)

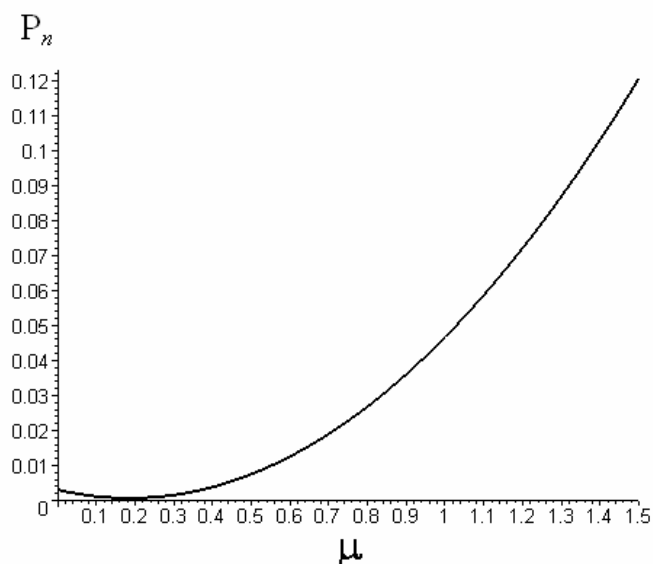


Рис. 3. Залежність зміни вірогідності прийняття помилкового результату від параметра μ

Висновки. У роботі на підставі експериментальних досліджень наведено закон розподілу сумісної двовимірної вірогідності контролю активності іонів, з якого видно, що СКВ центрованого значення активності іонів ΔpX є меншим за СКВ похибки вимірювального каналу в діапазоні зміни активності іонів від 6 до 0,3 рХ. Також досліджено характеристики зміни помилок контролю першого і другого роду та вірогідності прийняття правильного рішення, в результаті чого встановлено, що під час контролю активності іонів з відносною похибкою вимірювання 0,7 % помилка контролю першого роду становить $\alpha=0.0375$, помилка другого роду – $\beta=0.00195$, а вірогідність автоматизованого контролю складових елементів гумусу в ґрунті не менша за 96,05 %. З побудованої характеристики зміни вірогідності прийняття помилкового рішення за допомогою математичного моделювання встановлено, що навіть при збільшенні СКВ сумарної похибки вимірювального каналу σ_ϵ , зумовленої випадковими завадами, неточністю виготовлення іонселективних вимірювальних перетворювачів, зміною температури та нестабільністю джерела опорної напруги, в 1,5 раза за СКВ допустимої похибки контролю активності іонів, що визначається через максимальну активність іонів рХ та відносну похибку вимірювання, вірогідність автоматизованого контролю складових елементів гумусу в ґрунті зменшується до 88 %.

Отже, для досягнення максимальної вірогідності автоматизованого контролю активності іонів (99,9 %), необхідно, щоб СКВ сумарної похибки вимірювального каналу σ_ϵ було як мінімум у два рази меншим за СКВ допустимої похибки контролю, тобто параметр μ повинен дорівнювати 0,5. Досягти таких результатів можна за рахунок зменшення відносної похибки вимірювання до 0,35 %.

Подальші дослідження полягають в удосконаленні потенціометричного методу вимірювання складових елементів гумусу в ґрунті введенням вимірювального каналу температури для автоматичного врахування значення температури середовища, яке аналізують при визначенні активності іонів.

1. Дунаев Б.Б. Точность измерений при контроле качества. – К.: Техника, 1981. – 152 с.
2. Володарський Є.Т., Кухарчук В.В., Поджаренко В.О., Сердюк Г.Б. Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю. – Вінниця: Велес, 2001. – 219 с.
3. Касьян К.Н. Оценка достоверности допускового контроля // Радиоелектроніка, інформатика, управління. – 2000. – № 1. – С. 24–26.
4. Чабанюк Ю.А., Васілевський О.М., Івахова Л.І. Оцінювання вірогідності контролю несинхронності обертання силових електромеханічних перетворювачів // Вимірювальна техніка та метрологія. – 2006. – № 66. – С. 138–141.
5. Васілевський А.Н., Поджаренко В.А., Дидыч В.Н. Неопределенность измерительного канала активности ионов при контроле гумусового состояния почв с помощью ионоселективных электродов // Системи обробки інформації. – Харків. – 2008. – № 4 (71). – С. 85–87.