

В.М. Ванько¹, О.С. Гаврилюк²¹Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра метрології, стандартизації та сертифікації;²лабораторія технології вирощування
та післязбиральної обробки тютюну
Української дослідної станції тютюництва

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ТЮТЮНОВОЇ СИРОВИНИ ЗА ДОПОМОГОЮ ЄМНІСНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

ã Ванько В.М., Гаврилюк О.С., 2010

На основі аналізу особливостей дії електричного поля на пробу тютюну, поміщену у площинний конденсатор, запропоновано матричний розподіл частинних ємностей проби за допомогою уявного об'єднання та групування однойменних хімічних складових у єдині області. Розглянуто специфіку почастинного вимірювання виділених об'ємів проби тютюну та контроль його якості через дослідження неоднорідності матеріальності різних об'ємів проби.

The part-capacitances' matrix allocation of a tobacco sample by the imaginary joining and clustering of chemical components of the same names in the single areas is proposed on the basis of a singularity analysis of an electric field effect on the sample placed in a plane capacitor. The specific character of part-by-part measuring of the tobacco-sample indicated bulks as well as its quality monitoring by investigating the material inhomogeneity (heterogeneity) of sample various bulks have been under consideration.

Вступ. Тютюн є доволі своєрідним рослинним матеріалом як за своїм органічно-хімічним матеріалом, так і за вимогами, які ставить до нього споживач. Тютюн для куріння люди почали споживати більше від двох тисяч років тому.

Спроби вирощування тютюну в Галичині і на Буковині робились у середині XVII століття. Є історичні факти, що в 1677 році, у часи Йогана III, тютюнництво обкладалось податками. На початку XVIII століття тютюнництвом на Поділлі вже у великому обсязі займались німецькі колоністи. У Східній Галичині почали вирощувати тютюн після приєднання до Австрії (1772). Вирощування цієї культури було дозволене у Східній Галичині у 15 районах, а також на Буковині, у місцевостях, які межують з Галичиною.

Протягом тривалого часу тютюн вважався стратегічною сировиною, що широко продукувалась в Україні раніше і виробляється тепер, а тому дослідження її якості вважається серйозним стратегічним завданням, що має забезпечувати в перспективі трудову зайнятість та ринок праці для агропромислового сектору України.

Стан проблематики дослідження тютюнової сировини на нинішньому етапі. Сьогодні з'ясовано, що дослідження сипких, як правило, сухих (без наявності або з мінімальною кількістю вологи) матеріалів доцільно здійснювати за допомогою ємнісних первинних перетворювачів [1–5]. При цьому ємності C_x досліджуваних проб розглядаються як функції діелектричної проникності ϵ матеріалу. Розподіл значень ϵ у пробі залежить від:

- розмірів частинок, до яких подрібнено матеріал тютюнової сировини;
- розміщення різних хімічних складових у матеріалі;
- рівня ущільнення матеріалу проби.

Для подрібнення тютюнового матеріалу застосовують спеціальні млини чи ступки з подальшим пересіванням через сита з відповідними отворами (частіше з діаметрами отворів не більше за 1 мм).

Серйозною проблемою щодо проб сипких матеріалів вважається наявність повітряних проміжків між частинками досліджуваного матеріалу, в результаті чого створюється неоднаковий рівень ущільнення у пробі, що сприяє появі нестабільних результатів вимірювання для однієї і тієї самої проби тютюну. Отже, з метою мінімізації зазначеного ефекту необхідно вживати спеціальних заходів, котрі дали б змогу позбутися цього недоліку чи послабити його дію.

Крім того, у цих первинних перетворювачах спостерігається випадковий характер розподілу різних хімічних речовин у тютюнових пробах, що ускладнює контроль якості цієї сировини та вимагає відповідних нових підходів для дослідження тютюну.

Також варто зазначити, що у відомих ємнісних перетворювачів спостерігаються різні, часто нелінійні залежності між C_x та параметрами розмірів давачів різних конструкцій. З огляду на останню обставину, найсприятливішою для таких вимірювань видається конструкція площинного конденсатора, в якій розміщується досліджувана сировина.

Модель площинного давача для аналізу якості тютюнової проби. Отже, розглянемо в загальному площинний ємнісний перетворювач, між обкладинами якого поміщено неоднорідний за хімічним складом тютюновий матеріал. Вважаємо, що проба ущільнена за об'ємом відповідно до методики, описаної в [6].

У цьому випадку можна стверджувати, що у кожній точці об'єму V тютюнової проби матимемо певні значення напруженості E_{ijk} та потенціалу U_{ijk} електричного поля.

Ураховуючи структуру проби як сукупності частинок сферичної форми з гарантованими розмірами, сприймаємо її у вигляді матриці елементів неоднорідного хімічного складу, причому i – номер площини, розміщеної нормально до провідних площин (обкладин) ємнісного давача ($i = 1, 2, \mathbf{K}, n$), j – позначення номера рядка у відповідній площині (тут i -й), k – номер елемента j -го ряду цієї площини, за якими ідентифікують положення точки аналізу проби (рис. 1).

У цьому випадку для спрощення аналізу можна стверджувати, що для всіх площин проби V однаково змінюються $j = 1, 2, \mathbf{K}, d$. Аналогічно зазначимо i стосовно кількості частинок (елементів) у рядках j площин i , а саме – $k = 1, 2, \mathbf{K}, a$.

Відповідно до [7] потенціал поля, створеного точковим зарядом

$$U_{ijk} = \int_r^{\infty} \vec{E}_{ijk} \cdot d\vec{l} = E_{ijk} \cdot r, \quad (1)$$

де r – відстань від заряду q_{ijk} до відповідної точки поля, у якій визначається потенціал (тобто радіус частинки), а напруженість поля

$$\vec{E}_{ijk} = \frac{q_{ijk}}{4\pi\epsilon_0(\epsilon_e)_{ijk} \cdot r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r}, \quad (2)$$

причому $\epsilon_0, (\epsilon_\epsilon)_{ijk}$ – діелектричні проникності вакууму та хімічної складової, з якої складається

ijk -частинка тютюнової проби V , $\frac{\vec{r}}{r}$ – одиничний вектор напрямку силової лінії.

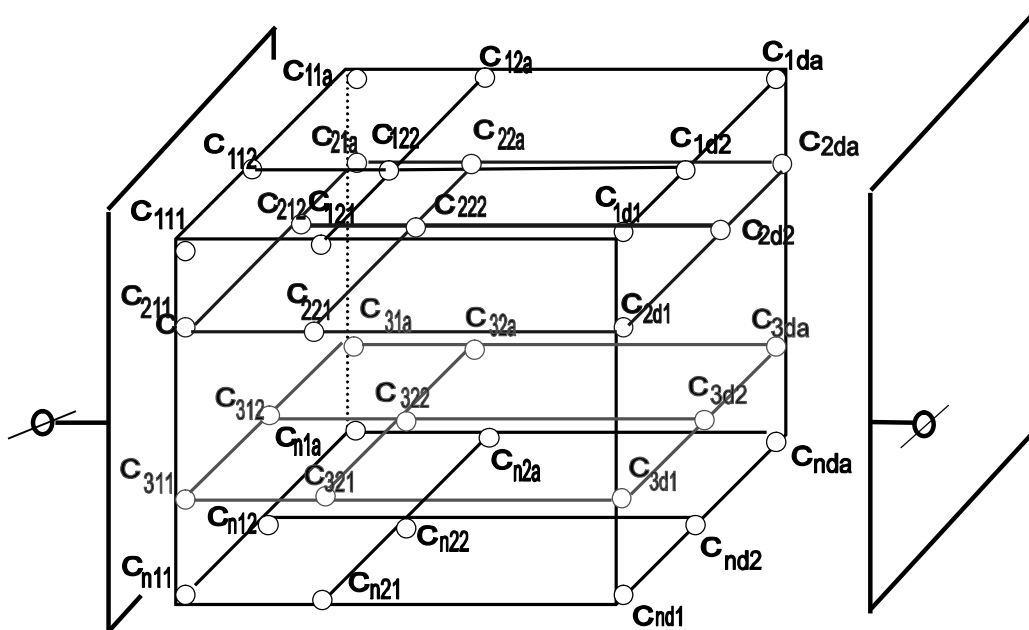


Рис. 1. Модель розподілу частинних ємностей тютюнової проби у площинному давачі

Згідно з теорією електростатичного поля відповідна частинна ємність ijk -сфери

$$C_{ijk} = 4\pi\epsilon_0(\epsilon_\epsilon)_{ijk} \cdot r. \quad (3)$$

Останній вираз ставить у відповідність кожній частинці чи елементу тютюнової проби V частинну ємність однієї з сукупності тих речовин, що містяться у пробі, показаній на рис. 1. Отже, за відповідними множинами частинок визначається сумарна часткова ємність C_f , пропорційна до вмісту f -ї речовини, що міститься у досліджуваній тютюнової пробі. При цьому варто звернути увагу на особливості визначення всіх C_f , виходячи з множин значень елементарних C_{ijk} .

Як показують експерименти, ці частинні ємності складаються по-різному, залежно від напрямку їх об'єднання. Наприклад, в межах 1-ї площини проби V справедливі вирази:

$$\frac{1}{C_{\Sigma 1j}} = \frac{1}{C_{111}} + \frac{1}{C_{121}} + \mathbf{K} + \frac{1}{C_{1d1}}, \quad (4)$$

$$C_{\Sigma 11} = C_{111} + C_{112} + \mathbf{K} + C_{11a}.$$

Ця обставина може слугувати підґрунтям для формування вимог щодо об'ємних розмірів ємнісного давача та відповідно досліджуваної тютюнової проби. Як очевидно з виразу (4), доцільно виконувати вимогу $\square [(j)_{\max} = d] \rightarrow \min$, тобто здійснювати контроль якості тютюну за допомогою проби з мінімальною висотою. Це не лише забезпечуватиме більші значення C_f та сумарної ємності C_Σ давача, але й дасть змогу отримувати окремі C_f переважно у вигляді простих сум елементарних C_{ijk} .

Для визначення величин C_f та знаходження їх просторового розподілу в об'ємі V тютюнової проби можна застосувати томографічне вимірювання. У такому випадку замість двох суцільних обкладинок, показаних на рис. 1, необхідно використати дві однакові множини електродів, рівномірно розміщених у бокових площинах [4]. Для довільного діелектричного середовища v_0 проби V з $e_{v_d}(x, y, z)$ ємність між відповідними електродами визначається як

$$C_{v_d} = \frac{1}{U_{v_d}} \oint_{\Gamma_{v-d}} e_0 e_{v_d}(x, y, z) \cdot \left(\vec{E}_{v_d} \cdot \vec{o} \right) dl, \quad (5)$$

причому Γ_{v-d} – замкнена крива, що охоплює середовище з відповідними потенціалом U_{v_d} , напруженістю \vec{E}_{v_d} та одиничною нормаллю \vec{o} до Γ_{v-d} .

Стосовно застосування таких вимірювань для контролю якості тютюнових проб варто зазначити два істотні недоліки.

По-перше, при цьому необхідна велика кількість електродів в ємнісному давачі для визначення масиву C_{v_0} , що технічно ускладнює під'єднання до давача необхідного засобу вимірювання для збирання інформації та слугує джерелом виникнення додаткових похибок при знаходженні C_{v_0} .

По-друге, як і у попередньому випадку з (3), на основі виразу (5) потрібно шукати значення $e_{v_d} = \text{var}(C_{v_d})$ з метою визначення складу речовин у тютюновій пробі, для чого потрібні додаткові дані про відповідні \vec{E}_{v_d} та U_{v_d} , отримання яких видається проблематичним.

З метою уникнення цих недоліків доцільно використовувати певну модифікацію відомого експрес-методу діагностики матеріалів, котра ґрунтується на задекларованих вище вимогах до тютюнової проби та на експериментальних дослідженнях, описаних в [6].

Оскільки висота проби вибирається мінімальною та встановлюються порівняно невисокі вимоги щодо точності вимірювань C_x ($\pm 1\% \dots \pm 2\%$ на частотах тестових сигналів від 100 Гц до 100 кГц), то можна обмежитись невеликою кількістю пар електродів ємнісного давача та замість кожної суцільної обкладинки (рис. 1) вибрати, наприклад, чотири послідовно розміщені пари для проби тютюну вагою 2 г.

Крім того, рекомендується досліджувати значення одного з нормованих показників якості тютюну – матеріальність проби M_m . У [6] виявлено пропорційні залежності між змінами C_x та відхиленнями M_m для різних сортів. Очевидно, що цей показник є певною сукупною (інтегральною) характеристикою, котра описує питому густину матеріалу тютюну, що залежить від його хімічного складу.

Виконують вимірювання різних комбінацій чотирьох пар електродів ємнісного давача, що у цьому випадку приводить до отримання 16 різних результатів: M_{m1}, \dots, M_{m16} . Опрацювання цих даних за відомими статистичними методами, наприклад, наведеними в [8], дасть змогу знайти розкид значень M_m і, отже, – неоднорідність матеріалу тютюнової проби.

Варто зазначити, що у виробничій практиці середньоквадратичне відхилення (СКВ) величини M_m свідчатиме, найперше, про неоднорідність матеріалу проби, по-друге – про рівень якості технології виробництва тютюнової сировини. За результатами отриманих даних у вигляді

СКВ(M_m) \rightarrow min можна стверджувати, що процес продукування є оптимальним, а якість тютюну – достатньою для випуску на його основі якісних кінцевих продуктів: сигарет, сигар тощо.

Висновки. За допомогою розробленої моделі площинного давача контролю якості тютюнової сировини напрацьовано рекомендації щодо вибору форми проби досліджуваного матеріалу. Проаналізовано специфіку та проблематику застосування електричної томографії для вимірювань часткових ємностей, котрі описують вміст хімічних складових у тютюні.

Запропоновано застосування матеріальності проби як нормованого сукупного показника якості тютюнової сировини та напрацьовано структуру ємнісного давача і підхід для аналізу неоднорідності матеріалу проби, що характеризує якість технології виробництва тютюнової продукції.

1. Методы анализа табака и табачного дыма / И.Г. Мохначев, В.П. Писклов, Н.А. Шерстяных и др. – Краснодар. – ВИТИМ. – 1976. – 89 с. 2. Влагомер для определения влажности резаного табака в потоке // И.К. Петров, Л.П. Захаров, Л.Я. Синельников и др. – Табак. – 1981. – № 1. – С. 31–34. 3. Современные методы измерения влажности резаного табака // Л.Я. Синельников, В.Л. Протопопов, Ю.И. Калашиников и др. – Табак. – 1978. – № 3. – С.35–39. 4. Поліщук Є.С., Дорожжовець М.М., Стадник Б.І., Івахів О.В., Бойко Т.Г., Ковальчик А. Засоби та методи вимірювань неелектричних величин: Підр. / За ред. Є.С. Поліщука. – Львів: Бескид Біт, 2008. – 618 с. 5. Івах Р.М. Ємнісні первинні перетворювачі діелектричної проникності сипких матеріалів: Автореф. дис. на здобуття наук. ступ. кандидата техн. наук / НУ “Львівська політехніка”. – Л., 2008. – 19 с. 6. Ванько В.М., Гаврилюк О.С. Дослідження якості тютюнової сировини за допомогою нового засобу вимірювання складових іммітансу з розширеними функціональними можливостями // Зб. тез доп. I Всеукраїнської наук.-практ. конф. молодих вчених “Перспективні напрями розвитку галузей АПК і підвищення ефективності наукового забезпечення агропромислового виробництва”, Тернопіль, 23–24 вересня 2009 р. – С. 19–23. 7. Миролібов Н.Н., Костенко М.В., Левинштейн М.Л., Тиходеев Н.Н. Методы расчета электростатических полей. – М.: Высшая школа, 1963. – 416 с. 8. Володарський Є.Т., Кошева Л.О. Статистична обробка даних: Навч. посібник. – К.: НАУ, 2008. – 308 с.