

Рис. 11. Криві термічного знебарвлення комплементарних пар центрів забарвлення у повторно опромінених кристалах $\text{CaF}_2\text{-}0,025$ мол. % NaF : 1) $F_A - V_{K^+}$; 2) $F_{A(1)} - V_{K^+}$; 3) $F_{A(1)} - V_{KA}$; 4) $F_A - V_{KA(1)}$

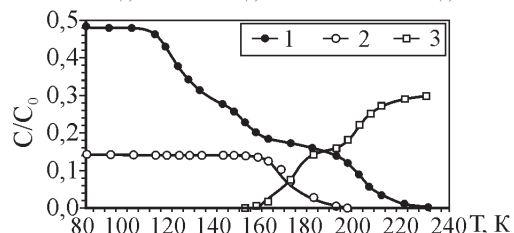


Рис. 12. Криві термічного відпаду F_A -центрів (крива 1), $F_{A(1)}$ -центрів (крива 2) та наростання M_A^+ -центрів (крива 3) у повторно опромінених кристалах $\text{CaF}_2\text{-}0,025$ мол. % NaF

Висновки:

1. Вперше у літературі теоретично розраховано криві термічного знебарвлення та наростання центрів забарвлення у кристалах $\text{CaF}_2\text{-Na}$, які загалом узгоджуються з експериментальними даними [4-7].
2. Доцільно розширити теоретичні дослідження на весь клас кристалів флюоритів (кристали $\text{CaF}_2\text{-Me}^+$, $\text{SrF}_2\text{-Me}^+$, $\text{SrCl}_2\text{-Me}^+$, де $\text{Me}^+ = \text{Li}^+, \text{Na}^+, \text{K}^+, \text{Rb}^+, \text{Cs}^+, \text{CaF}_2\text{-O}^{2-}, \text{SrF}_2\text{-O}^{2-}, \text{SrCl}_2\text{-Ti}^+$), що дасть змогу визначити границі застосування моделі лінійного кристала.

Література

1. Чорній З.П. Автолокалізація дірок в кристалах $\text{CaF}_2\text{-Me}^+$ ($\text{Me}^+ = \text{Li}^+, \text{Na}^+, \text{K}^+$). Розрахунок кінетики генерації / З.П. Чорній, І.Б. Пірко, В.М. Салапак, М.В. Дячук, О.Р. Онуфрив // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2015. – Вип. 25.4. – С. 293-298.
2. Чорній З.П. Генерація центрів забарвлення в кристалах флюоритів з термічно нерівноважними структурними дефектами / З.П. Чорній, І.Б. Пірко, В.М. Салапак, М.В. Дячук, О.Р. Онуфрив // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2015. – Вип. 25. 6. – С. 351-358.
3. Чорній З.П. Термоактиваційні процеси в радіаційно забарвлених кристалах $\text{CaF}_2\text{-Me}^+$ / З.П. Чорній, І.Б. Пірко, В.М. Салапак, М.В. Дячук, О.Р. Онуфрив, А.Д. Кульчицький // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2015. – Вип. 25.8. – С. 260-268.
4. Чорній З.П. Іонні процеси в радіаційно забарвлених кристалах галогенідів двовалентних металів : дис. ... д-ра фіз.-мат. наук: спец. / З.П. Чорній. – Л., 2000. – 275 с.
5. Hayes W. Crystals with fluorite structure / W. Hayes, A.M. Stoneham. – Oxford, 1974. – 448 p.
6. Архангельская В.А. Люминесценция, термо- и фотохимия возмущенных центров окраски в кристаллах типа флюорита со щелочными примесями / В.А. Архангельская // Известия АН СССР. – Сер.: Физическая. – 1982. – Т. 46, № 2. – С. 295-299.

7. Hamidia A. Measurement of oscillator strengths of " F_{2A} " centres in MeF_2 : A^+ ($\text{Me} = \text{Sn}, \text{Sr}; A^+ = \text{Li}^+, \text{Na}^+, \text{K}^+$) / A. Hamidia, J. Margerie // Phys. Stat. Sol. – 1987. – Vol. 141, № 2. – Pp. 391-398.

Надіслано до редакції 21.02.2016 р.

Чорний З.П., Пірко І.Б., Салапак В.М., Дячук М.В., Кульчицький А.Д., Онуфрив О.Р. II. Термоактивационные процессы в радиационно окрашенных кристаллах $\text{CaF}_2\text{-Me}^+$

В модели линейного ионного кристалла исследованы термоиндуцированные процессы в радиационно окрашенных кристаллах $\text{CaF}_2\text{-Na}$, облученных при 80 К ионизирующей радиацией. В интервале температур 80-300 К исследованы кривые спада концентрации $V_K, V_{KA(1)}, F_A, F_{A(1)}$ -центров и нарастания V_{KA} и M_A^+ -центров. Показано, что в кристаллах $\text{CaF}_2\text{-Na}$ с дефектами дипольного типа релаксация окрашенного кристалла происходит за счет рекомбинационных процессов. В кристаллах с термически неравновесными точечными дефектами рекомбинационные процессы отсутствуют и суммарная концентрация центров окраски при нагревании кристалла от 80 К до 300 К остается постоянной.

Ключевые слова: кристаллы, радиация, центры окраски.

Chorny Z.P., Pirko I.B., Salapak V.M., Dyachuk M.V., Kulchitskiy A.D., Onufriv O.R. II. Thermally Activated Processes in Radiation Coloured Crystals of $\text{CaF}_2\text{-Me}^+$

In the model of line-ionic crystal thermal radiation induced processes in coloured crystals of $\text{CaF}_2\text{-Na}$, irradiated at 80 K ionizing radiation are investigated. In the temperature range 80-300 K concentrations decline curves are studied $V_K, V_{KA(1)}, F_A, F_{A(1)}$ – growth centers and V_{KA} and M_A^+ -centres. It is shown that in crystals $\text{CaF}_2\text{-Na}$ defects dipole relaxation of coloured crystal type is due to recombination processes. In crystals with thermally nonequilibrium point defects recombination processes are absent and the total concentration of colour centers in the crystal is heated from 80 K to 300 K remains constant.

Keywords: crystals, radiation, colour canters, growth canters.

УДК 614.841

ВОГНЕЗАХИСНІ РЕЧОВИНИ НА ОСНОВІ НАПОВНЕНИХ СИЛІЦІЙЕЛЕМЕНТООРГАНІЧНИХ ЗВ'ЯЗОК ДЛЯ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

М.М. Гивлюд¹, В.В. Артеменко², Р.С. Яковчук³, Р.Б. Веселівський⁴

Вивчено вплив будови зв'язки і наповнювача на вогнестійкість високотемпературних захисних покривів для металевих конструкційних матеріалів. Значну частину комплексу цінних захисних властивостей покривам надає карборансилоксанова зв'язка внаслідок фазових і структурних змін під час нагрівання. Вивчено зміну фазового складу і структури покриття у процесі нагрівання і виявлено його вогнезахисні властивості. Отримані результати підтверджують можливість використання наповнених алюмінію оксидом карборансилоксанових сполук як високотемпературних теплоізоляційних і вогнезахисних покривів металевих конструкційних матеріалів під час нагрівання до 1200 °С та збільшення довговічності захищених матеріалів, які працюють за нагрівання понад 600 °С.

¹ проф. М.М. Гивлюд, д-р техн. наук – НУ "Львівська політехніка";
² доц. В.В. Артеменко, канд. техн. наук – Львівський національний аграрний університет;
³ доц. Р.С. Яковчук, канд. техн. наук – Львівський ДУ безпеки життєдіяльності;
⁴ доц. Р.Б. Веселівський, канд. техн. наук – Львівський ДУ безпеки життєдіяльності

Ключові слова: вогнестійкість, силіційелементорганічна зв'язка, вогнезахист, вогнезахисний покрив, карборансилоксан, фазовий склад, рентгенофазовий аналіз.

Постановка проблеми. Металеві конструкції мають високу міцність, вони відносно легкі та довговічні. В умовах пожежі ці ж конструкції дуже швидко втрачають свої експлуатаційні якості, деформуються, руйнуються або втрачають свою несну здатність. Тому вогнезахист металевих конструкцій, що широко використовуються в будівництві, є однією з актуальних проблем підвищення вогнестійкості будівель і споруд. На сьогодні вогнезахисному обробленню піддають несні конструкції каркасів не тільки будівель і споруд, а також різних виробничих естакад, мостів, підземних споруд тощо.

Як вогнезахисні матеріали застосовують фарби, обмазки (штукатурки), напилення, облицювання та поєднання цих методів. Найбільш поширеним у практиці вогнезахисту металоконструкцій є застосування вогнезахисних речовин, що утворюють тонкошарові покриття на поверхні металу. Захисний механізм таких покриттів полягає у створенні на їх поверхні спученого теплоізоляційного шару, який має низькі показники теплопровідності. Цей шар не дає змоги вогню пошкодити будівельні конструкції, а високій температурі, яка виникає під час пожежі, нагрівати їх до критичних значень, за яких вони втрачають свою несну здатність та руйнуються [1].

У зв'язку із розширенням температурного інтервалу експлуатації і покращенням вогнестійкості конструкційних матеріалів і виробів виникає нагальна проблема створення нових видів вогнезахисних речовин з прогнозованою захисною дією в широкому інтервалі температур.

Мета роботи полягає у розробленні складу та дослідженні властивостей отриманих вогнестійких вогнезахисних речовин.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Для отримання високотемпературних вогнезахисних речовин з потрібними експлуатаційними властивостями можна використати метод спрямованого модифікування силіційорганічних сполук оксидами і силікатами [2-3]. Істотна перевага таких матеріалів, у цьому випадку, полягає у формуванні на поверхні виробу плівки із суміші оксидів та силікатів, які характеризуються високою корозійною стійкістю за високих температур і вогнестійкості [4-5].

Виклад основного матеріалу. У цій роботі подано результати досліджень процесів взаємодії алюмінію оксиду та аеросилу з карборансилоксаном, склад і властивості отриманих вогнезахисних речовин. Значну частину комплексу цінних захисних властивостей покриттям надає карборансилоксанова зв'язка внаслідок фазових і структурних змін під час нагрівання.

Карборансилоксанова смола – складний силіційелементорганічний полімер, у складі якого міститься до 7 мас. % бору. Карборансилоксановий лак є на 40-50 % розчин карборансилоксанової смоли К-2104 в ацетоні. Рентгенофазовим аналізом встановлено, що основним кристалічним складником за нагрівання карборансилоксану до 1200 °C є β-кварц ($d/n = 0,425; 0,334$ нм). Наяв-

ність великого β-кварцу в інтервалі 12-34 ° вказує на велику дисперсність і слабку кристалізацію отриманого внаслідок деструкції силіцію діоксиду.

Під час нагрівання карборансилоксану вище від 400 °C його колір змінювався в такій послідовності: жовтий → чорний → сіро-білий. Чорний колір карборансилоксану за нагрівання вище від 400 °C пояснюється наявністю у його складі вільного вуглецю. Склад продуктів термооброблення за нагрівання в інтервалі температур 400-1200 °C наведено у табл. 1.

Отже, підвищення температури нагрівання разом із збільшенням вмісту в залишку B₂O₃, який утворюється при окисненні бору, веде до зменшення вмісту вуглецю, що знаходиться у розплаві боросилікатного скла. Наявність вуглецю за нагрівання вище від температури 1000 °C вказує на його міцний зв'язок з компонентами скла і повною ізоляцією поверхні отриманого матеріалу складовим шаром, який затрудняє дифузію кисню.

Табл. 1. Склад продуктів термооброблення карборансилоксану

Температура, °C	Вміст продукту, мас. %		
	SiO ₂	B ₂ O ₃	C _{орг}
400	77,3	0,8	21,9
500	72,3	4,7	23,0
700	65,4	13,0	21,6
900	70,2	12,4	17,4
1000	70,9	11,5	17,6
1200	88,4	10,4	2,2

Властивості вихідних композицій для отримання захисних покриттів визначаються ступенем закінченості процесів взаємодії активних центрів наповнювача і реакційноздатних груп зв'язки. Вихідні складні композиції для захисних покриттів готували методом сумісного помолу компонентів у кульових млинах до максимального розміру дисперсних частинок 50 мкм. У процесі механохімічної активації разом із подрібненням частинок оксидного наповнювача відбувається розрив ланцюгів силіційорганічної зв'язки, що в кінцевому результаті призводить до прививання полімеру до його поверхні з утворенням седиментаційностійких суспензій.

Диспергування наповнювача, залежно від призначення композиції, можна проводити у в'язких (50...60 мас.%) і розведених (20 мас.%) розчинах карборансилоксану. Дослідження проводили для композицій із співвідношенням наповнювача: від 60:40 до 80:20. Збільшення часу диспергування композиції карборансилоксану-Al₂O₃ супроводжується ростом кількості частинок розміром менше 10 мкм. Найінтенсивніше цей процес проходить за вмісту зв'язки 30 мас.% і часу диспергування 100 год. Проходження процесу диспергації алюмінію оксиду підтверджується зменшенням інтенсивності характерних максимумів на дифрактограмах (табл. 2).

Комплексом фізико-хімічних методів аналізу вивчено процесу взаємодії між компонентами покриття під час нагрівання. Крива диференціально-термічного аналізу наповненого карборансилоксану має ендоефект за 60-160 °C, а та-

кож два екзоэффекти з максимумами за 460 °С і 745 °С. Ендоефект з відповідною втратою маси на кривих відносять до вилучення залишків розчинника.

Початок першого екзотермічного ефекту за 375 °С можна віднести до початку термоокисної деструкції карборансилоксану, що зумовлено відриванням низьколетких фрагментів. Експериментально встановлено, що на перший екзоэффект накладається ендоефект утворення з оксидів бору і силіцію (продуктів термоокисної деструкції карборансилоксану) боросилікатного розплаву, а також екзоэффект з максимумом за 745 °С.

Табл. 2. Зміна інтенсивності характерних максимумів на дифрактограмах залежно від співвідношення карборансилоксан-наповнювач після 100 год диспергування

$d/n, \text{нм}$	I_n/I_0 за співвідношення зв'язка-наповнювач, мас. %				
	20:80	25:75	30:70	35:65	40:60
0,348	0,94	0,95	0,97	0,97	0,98
0,755	0,87	0,80	0,90	0,92	0,91
0,237	0,88	0,88	0,89	0,90	0,90
0,208	0,83	0,84	0,86	0,88	0,92
0,174	0,84	0,84	0,85	0,88	0,88
0,160	0,90	0,92	0,96	0,98	0,98

Останній можна віднести до деструкції фенільних радикалів. Загальна втрата маси при цьому становить 20,4%. Отже, у процесі термоокисної деструкції карборансилоксану утворюється силіційкисневий каркас і боросилікатне скло, що може виконувати роль матриці у разі деформування захисного шару. Наступне нагрівання до 700 °С і 800 °С приводить до збільшення інтенсивності дифракційних максимумів в системі карборансилоксан- Al_2O_3 . Потрібно зазначити, що за нагрівання композиції до 900 °С з'являються рефлекси з $d/n = 0,538; 0,336$ нм, які відповідають муліту.

Подальше нагрівання до 960 °С супроводжується тільки збільшенням дифракційних максимумів муліту. За 1000 °С фазовий склад кристалічних складників покриття подано мулітом ($d/n = 0,537; 0,338; 0,282; 0,268; 0,255; 0,222; 0,211$ нм), а також $\alpha - \text{Al}_2\text{O}_3$ ($d/n = 0,347; 0,235; 0,238; 0,208$ нм). Дифракційних максимумів силіцію діоксиду не виявлено. Нагрівання до 1100 °С призводить до інтенсивного підвищення дифракційних максимумів муліту і, відповідно, до зменшення рефлексів корунду.

У наслідок проведених рентгенофазових досліджень встановлено, що в інтервалі температур 500-1000 °С у композиції відбуваються модифікаційні перетворення алюмінію оксиду і показано, що взаємодія між компонентами композиції проходить за температури нагрівання вище від 800 °С. Це зумовлено наявністю у системі боросилікатного розплаву та залишкового вуглецю, які сильно інтенсифікують процеси мулітоутворення. Кристалічна структура представлена мулітом з домішками непрореагованого корунду та аморфного силіцію діоксиду. Подальше нагрівання до 1200 °С призводить до різкого зменшення кількості муліту внаслідок його розчинення в рідкій фазі.

Результати рентгенофазового дослідження підтверджуються ІЧ-спектроскопічними даними. Електронномікроскопічним аналізом встановлено, що за нагрівання композиції вище від 400 °С за рахунок газоподібних продуктів термоокисної деструкції карборансилоксану починається процес спучення матеріалу, який закінчується за 780 °С. При цьому формується структура покриття із закритими порами, розмір яких залежить від швидкості підняття температури. Подальше нагрівання до 1000 °С змінює тільки мікроструктуру покриття внаслідок утворення ниткоподібної мулітової фази, яка відіграє роль армувального компонента. Характер і розміри пор при цьому істотно не змінюються.

Розроблені склади вихідних композицій для високотемпературних вогнестійких покриттів було апробовано для захисту металевих конструкційних матеріалів. Покрив наносили пошарово на вихідні матеріали методом пульверизації товщиною 0,4-0,6 мм. Достовірність використання фізико-хімічних критеріїв при виборі компонентів покриттів і ефективність захисної дії оцінено за результатами випробувань на хромнікелевому сплаві. Температурну залежність адгезійної міцності та коефіцієнта теплопровідності покриття наведено на рисунку.

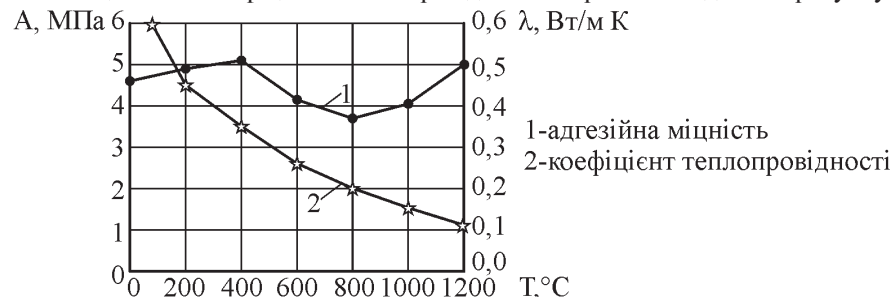


Рис. Температурна залежність адгезійної міцності та коефіцієнта теплопровідності покриття до сплаву ХН78Т

Зміна адгезійної міцності захисного покриття на основі наповненого алюмінію оксиду і аеросилом карборансилоксану в інтервалі температур має екстремальний характер з максимумом за 400 °С (5,08 МПа) і мінімумом за 800 °С. Зменшення адгезійної міцності під час нагрівання вище від 400 °С відбувається внаслідок термоокисної деструкції карборансилоксану з утворенням пористої структури. Подальше нагрівання вище від 800 °С внаслідок взаємодії між компонентами із створенням ниткоподібними кристалами муліту армувального каркасу підвищує міцність зчеплення між основою і покритвом. Зміна теплопровідності покриття має аналогічний характер і зменшується по мірі нагрівання внаслідок утворення пористої структури (із закритими порами) і спучування покриття за нагрівання вище від 600 °С. Вогнестійкість покриття забезпечується наявністю високотемпературних і стійких силікатних фаз у покритті та низьким значенням коефіцієнта теплопровідності, який в інтервалі температур 600-1200 °С становить 0,1-0,26 Вт/м · К.

Висновки. Отримані результати підтверджують можливість використання наповнених алюмінію оксидом і аеросилом карборансилоксанових сполук як

високотемпературних теплоізоляційних і вогнезахисних покриттів конструкційних матеріалів за нагрівання до 1200 °С.

Література

1. Яковчук Р.С. Розкриття особливостей інтумесцентної технології атмосферо-вогнезахисних покриттів для будівельних виробів на основі бетону / Р.С. Яковчук, Р.В. Пархоменко, М.М. Гивлюд, С.П. Брайченко // Пожежна безпека : зб. наук. праць. – Львів : Вид-во ЛДУ БЖД. – 2013. – № 23. – С. 172-176.
2. Лоїк В.Б. Вогнезахисні покриття на основі наповнених оксидними компонентами силіційорганічних сполук / В.Б. Лоїк, М.М. Гивлюд, С.Я. Вовк, Д.Л. Дубина // Пожежна безпека : зб. наук. праць. – Львів : Вид-во ЛДУ БЖД. – 2009. – № 14. – С. 44-49.
3. Гивлюд М.М. Хімічна стійкість захисних композиційних покриттів до дії агресивних середовищ / М.М. Гивлюд, М.Г. Пона, О.М. Вахула // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – Сер.: Хімія, технологія речовин і їх застосування. – Львів : Вид-во НУ "Львівська політехніка". – 2003. – № 488. – С. 352-356.
4. Сменко І.В. Процеси взаємодії між компонентами захисних покриттів на основі системи – $Al_2O_3 - ZrO_2 - SiO_2$ / І.В. Сменко, М.М. Гивлюд, В.В. Артеменко, О.І. Пердрій // Діагностика, довговічність та реконструкція мостів і будівельних конструкцій : зб. наук. праць. – Львів : Вид-во "Каменярь". – 2008. – Вип. 10. – С. 31-39.

Надіслано до редакції 23.02.2016 р.

Гивлюд Н.Н., Артеменко В.В., Яковчук Р.С., Веселивский Р.Б. Огнезащитные вещества на основе наполненных кремнийэлементоорганических связок для металлических конструкций

Изучено влияние строения связки и наполнителя на огнестойкость высокотемпературных защитных покрытий для металлических конструкционных материалов. Значительную часть комплекса ценных защитных свойств покрытий предоставляет карборансилоксановая связка вследствие фазовых и структурных изменений при нагревании. Изучено изменение фазового состава и структуры покрытия в процессе нагревания и обнаружены его огнезащитные свойства. Полученные результаты подтверждают возможность использования наполненных алюминия оксидом карборансилоксановых соединений в качестве высокотемпературных теплоизоляционных и огнезащитных покрытий конструкционных материалов при нагревании до 1200 °С и увеличении долговечности защищенных материалов, работающих при нагревании свыше 600 °С.

Ключевые слова: огнестойкость, кремнийэлементорганическая связка, огнезащита, огнезащитное покрытие, карборансилоксан, фазовый состав, рентгенофазовый анализ.

Huylyud M.M., Artemenko V.V., Yakovchuk R.S., Veselivsky R.B. Fireproof Substances Based on the Silicon- Filled and Organic Element Ligaments for Metallic Constructions

The influence of the structure of relationships and filler for fire-resistance, high-temperature protective coatings for structural materials has studied. A significant part of the complex of valuable properties is given to coatings with carborane-siloxane ligament as a result of phase and structural changes while heating. The change of phase composition and structure of the coating while heating was studied, and its fireproof properties were found. The results received confirm the possibility of using carborane-siloxane composition which are filled with aluminum oxide and aerosol as high-temperature thermal insulation and fireproof coatings structural materials heated to 1200 °С and increase the longevity of protected materials which work while heating above 600°C.

Keywords: fire-resistance, the silicon- and element-organic ligament, fireproofing, fireproofing coating, carborane-siloxane, phase composition, x-ray phase analysis.

УДК 678.746:744

ВИКОРИСТАННЯ МЕТАЛОНАПОВНЕНИХ ПОЛІМЕРНИХ ГІДРОГЕЛІВ ДЛЯ КОНДУКТОМЕТРИЧНИХ ВОЛОГОМІРІВ

О.М. Гриценко¹, Н.Є. Горбенко², А.В. Гайдук³, О.В. Суберляк⁴

Встановлено можливість та запропоновано метод отримання гідрофільних електропровідних композиційних металонаповнених полімерних гідрогелів на основі кополімерів 2-гідроксіетилметакрилату з полівінілпіролідом. Досліджено вплив природи та вмісту дрібнодисперсних порошоків металів на електропровідні характеристики композицій. Встановлено, що гідрофільність отриманих гідрогелів та здатність набрякати у воді залежить від складу вихідної композиції. Показані напрямки підвищення електропровідних та гідрофільних властивостей гідрогелів, наповнених порошками металів. Доведено, що питомий об'ємний електричний опір таких матеріалів залежить від вмісту вологи, що робить їх придатними у використанні як давачів для вологомірів.

Ключові слова: кондуктометричні вологоміри, впоглинання, композиційні гідрогелі, металонаповнені гідрогелі, полівінілпіролідон.

Вступ. Потрібною стадією будь-якого технологічного процесу перероблення матеріалів із деревини у виробі є їх сушіння. Природна вологість свіжозрубаного дерева сягає 50-100 % [1]. Вологість деревини впливає як на умови її оброблення, так і на якість, експлуатаційні характеристики та тривалість використання готових виробів. Максимально допустима ступінь вологості залежить від призначення готового виробу чи напівфабрикату [2]. Тому, закономірно, виникає проблема встановлення вмісту вологи у деревині, а також визначення кінетики зміни вологості під час її сушіння. На цей час найбільш поширеними методами вимірювання вологості деревини є такі: ваговий, який полягає порівняно маси вологого та сухого зразків; високочастотний (безконтактний), принцип роботи якого ґрунтується на використанні високочастотного електромагнітного поля; кондуктивний (контактний), що полягає у визначенні зміни електропровідності деревини залежно від її вологості [1, 3].

Основним недоліком вагового методу є його тривалість, яка визначається часом, потрібним для висихання зразка деревини. Високочастотний метод є найбільш швидким і зручним неруйнівним методом контролю вологості. Основною перевагою вологомірів такого типу є встановлення вмісту вологи без пошкодження поверхні об'єкта вимірювання. Однак метод є неточним для вимірювання вологості товстих зразків, оскільки, відомо, що волога у стовбурі дерева розподіляється нерівномірно. Також похибку результату вимірювання може зумовлювати поверхнева вологість, різноманітні вclusions або забруднення покриття досліджуваного зразка.

Вимірювання електричного опору деревини також є експрес-методом і використовуються для швидкого визначення вологості. Однак різні породи деревини характеризуються різною електропровідністю, що значно ускладнює процес вимірювання вологості й потребує вибору режиму для відповідного ти-

¹ доц. О.М. Гриценко, канд. техн. наук – НУ "Львівська політехніка";

² доц. Н.Є. Горбенко, канд. с.-г. наук – НЛТУ України, м. Львів;

³ аспір. А.В. Гайдук – НУ "Львівська політехніка";

⁴ проф. О.В. Суберляк, д-р хім. наук – НУ "Львівська політехніка"