

науці показників податкового коефіцієнта чи ефективної податкової ставки видається утрудненим. Натомість застосування показника податкового навантаження, запропонованого у цій роботі, допоможе оцінити рівень податкового навантаження у лісовому господарстві. У подальшому пропонуємо застосувати показник податкового навантаження задля оцінки оподаткування лісового господарства з метою екологізації податкової системи.

Література

1. Іванов Ю.Б. Сучасне оподаткування: мотиваційний аспект : монографія / Ю.Б. Іванов, О.Л. Сьсков. – Х. : Вид. дім "ІНЖЕК", 2007. – 328 с.
2. Вецепура Н.В. До питання оптимізації податкового навантаження / Н.В. Вецепура // Культура народів Причорномор'я : сб. науч. тр. – 2012. – № 235. – С. 12-14.
3. Соколовська А. Теоретичні засади визначення податкового навантаження та рівня оподаткування економіки / А. Соколовська // Економіка України : політико-економічний журнал. – 2006. – № 7. – С. 4-12.
4. Онуфрик М.С. Оцінка податкового навантаження на економічну діяльність людини / М. Онуфрик // Ефективна економіка, Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет, 2011. – № 11. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=968>.
5. Mendoza E.G. Effective tax rates in macroeconomics: cross-country estimates on factor incomes and consumption / E.G. Mendoza, A. Razin, L.L. Tezar // NBER. – № 4864. – 32 p. [Electronic resource]. – Mode of access <http://www.nber.org/papers/w4864.pdf>?
6. Фролова Н. Оподаткування доходів від праці та капіталу в Україні / Н. Фролова // Економіка України : політико-економічний журнал. – 2006. – № 12. – С. 21-28.
7. 12 Міжнародний бухгалтерський стандарт. [Електронний ресурс]. – Доступний з http://ec.europa.eu/internal_market/accounting/docs/consolidated/ias12_en.pdf.
8. Офіційна сторінка Європейського Союзу, розділ Євростату. [Електронний ресурс]. – Доступний з http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Government_finance_statistics.
9. Білостоцька В.О. Податкове навантаження в Україні / В.О. Білостоцька, В.І. Острівецький // Фінанси України : журнал. – 2002. – № 12. – С. 75-79.
10. Сиякевич І.М. Методи екологізації податкової системи / І.М. Сиякевич, О.І. Олійник, // Фінанси України : журнал. – 2002. – № 1. – С. 28-33.
11. Екологізація лісокористування в контексті подолання глобальних екологічних загроз / за наук. ред. І.М. Сиякевича; НЛТУ України. – Львів : Вид-во "Камула", 2014. – 591 с.

Олійник О.И. Налоговая нагрузка: проблемы оценки в лесном хозяйстве

Рассмотрены основные методики определения налоговой нагрузки. Осуществлена оценка возможности применения их для определения налоговой нагрузки в лесном хозяйстве. Предложен новый показатель для определения налоговой нагрузки в лесном хозяйстве. Признана ограниченность применения таких показателей в лесном хозяйстве. Разработан методический подход оценки налоговой нагрузки на лесное хозяйство, который отличается от уже существующих показателей тем, что включает налоговую нагрузку, характерное исключительно для данной отрасли.

Ключевые слова: налоговая нагрузка, лесное хозяйство, налоговый коэффициент, эффективная налоговая ставка, показатели налоговой нагрузки в лесном хозяйстве.

Oliynyk O.I. The Tax Burden: The Problem of Evaluating in the Forestry

The basic methodologies for determining the tax burden are viewed. The estimation of the possibility of their application to determine the tax burden in forestry is made. The limited use of these indicators in forestry is recognized. The new indicator to determine the tax burden in forestry is proposed. The methodical approach to the assessment of the tax burden on forestry is constructed, which is different from existing indicators because of including the tax burden, which is characteristic only for the forestry.

Keywords: tax burden, forestry, tax rate, the effective tax rate, the tax burden indicators in forestry.

5. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ГАЛУЗІ

УДК 535.343.2

Проф. З.П. Чорний, д-р фіз.-мат. наук; доц. І.Б. Пірко,

канд. фіз.-мат. наук; доц. В.М. Салапак, канд. фіз.-мат. наук; ст. викл.

М.В. Дячук; доц. О.Р. Онуфрив, канд. фіз.-мат. наук – НЛТУ України, м. Львів

АВТОЛОКАЛІЗАЦІЯ ДІРОК У КРИСТАЛАХ CaF₂-ME⁺ (ME⁺=Li⁺, Na⁺, K⁺). РОЗРАХУНОК КІНЕТИКИ ГЕНЕРУВАННЯ

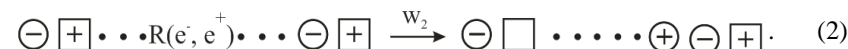
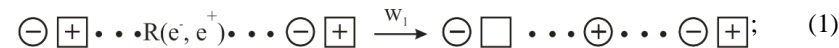
У моделі лінійного іонного кристала розраховано кінетику наростання концентрації центрів забарвлення у кристалах CaF₂-Me⁺. Розраховано імовірність утворення (F_A-V_K) і (F_A-V_{KD})-комплементарних пар при розпаді електронно-діркової пари у кристалі та імовірності їх радіаційного руйнування. Досліджено залежність концентрації центрів забарвлення від вмісту домішок у кристалі, а також співвідношення між концентрацією V_K і V_{KD}-центрів. Досліджено механізм термоактиваційного знебарвлення V_K-центрів. Показано, що термоактиваційне руйнування (F_A-V_K)-комплементарних пар відбувається внаслідок випромінювальної рекомбінації мобільних дірок з F_A-центрами, V_K→V_{KD}-перетворення відсутні.

Ключові слова: кристали, радіація, центри забарвлення.

Вступ. У попередніх наших роботах [1-4] у моделі лінійного кристала розраховано радіаційні параметри кристалів флюоритів за умови, що утворені радіацією дірки є мобільними. У цій роботі вперше проведено розрахунки радіаційних параметрів флюоритів з урахуванням автолокалізації дірок.

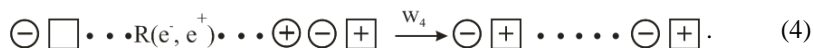
1. Специфіка генерування центрів за наявності автолокалізованих дірок

1.1. Механізм генерування центрів забарвлення. Відомо, що у кристалах CaF₂ за T<120 K наявна автолокалізація дірок [5-7]. За температури T>120 K мобільні дірки захоплюються на домішково-вакансійних комплексах, утворюючи (F_A-V_{KD})-комплементарні пари [1-4]. За температури T<120 K радіація створює (F_A-V_K)-комплементарні пари центрів забарвлення. Механізм генерування центрів за T<120 K відбувається за такими схемами (1) і (2):



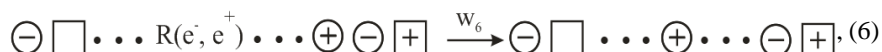
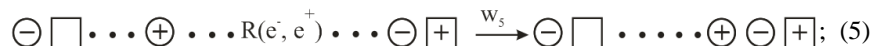
де: R (e⁻, e⁺) – створена іонізуючою радіацією електронно-діркова пара; \dots – крапками позначено іони основи кристала; \ominus – негативно заряджений відносно гратки іон лужного металу: (Me⁺)⁻-іон; \oplus – позитивно заряджена вакансія фтору: (V_A)⁺-аніонна вакансія; $\ominus \oplus$ – домішково-вакансійний диполь – ДВД; \oplus – автолокалізована дірка: V_K-центр; $\oplus \ominus \oplus$ – дірка, локалізована на ДВД: V_{KD}-центр; \square – F-центр; $\ominus \square$ – F-центр, локалізований в околі іона лужного металу: F_A-центр; w₁ і w₂ – імовірність утворення при розпаді (e⁻, e⁺)-пари (F_A-V_K) і (F_A-V_{KD})-центрів відповідно.

1.2. Механізм радіаційного висвічування центрів забарвлення. У міру нагромадження центрів забарвлення (рівняння (1) і (2)) вступають в дію зворотні процеси – радіаційне руйнування центрів забарвлення:



Рівняння (3) і (4) описують рекомбінаційний механізм руйнування $(F_A - V_K)$ і $(F_A - V_{KD})$ -центрів відповідно і відновлення ДВД, w_3 і w_4 – імовірність реалізації цих процесів.

1.3. Механізм радіостимульованих перетворень діркових центрів забарвлення. Окрім реакцій (1)-(4), за температури $T > 120$ К у кристалах CaF_2-Me^+ відбуваються стимульовані радіацією $(F_A - V_K) \xrightarrow{R(e^-, e^+)} (F_A - V_{KD})$ -перетворення:



де w_5 – імовірність $V_K \rightarrow V_{KD}$, а w_6 – імовірність реалізації $V_{KD} \rightarrow V_K$ -перетворень.

2. Розрахунок радіаційних параметрів кристалів за $T < 120$ К

Розрахунок радіаційних параметрів кристалів CaF_2-Me^+ проведено в два етапи. На першому етапі визначено імовірності реалізації кожної із реакцій (1)-(6). На другому етапі методом послідовних наближень розраховано кінетику наростання центрів забарвлення та зменшення концентрації дипольних пар. Результати розрахунків наведено в табл. 1-3 і на рис. 1 та 2.

Табл. 1. Значення величини ймовірностей утворення (w_1, w_2), радіаційного висвітлення (w_3 і w_4) та радіостимульованих перетворень (w_5 і w_6) центрів забарвлення при розпаді електронно-діркової пари у кристалах MeF_2-Me^+

№ з/п	C, мол. %	w_1	w_2	w_3	w_4	w_5	w_6
1	0,2	0,0952	0,0952	0,200	0,233	0,0792	0,1167
2	0,025	0,1143	0,0286	0,0918	0,0989	0,0662	0,0871

C – концентрація іонів у кристалі.

Табл. 2. Концентрація центрів забарвлення на стадії насичення у кристалах CaF_2-Na , опромінені рентгенівськими променями за 80 К

№ з/п	C, мол. %	$(C_1+C_2)/C_0$	C_1/C_2	C_3/C	C_1/C_0	C_2/C_0
1	0,2	0,4649	1,288	0,4371	0,2617	0,20323
2	0,025	0,5943	2,029	0,3305	0,3985	0,1964

C_0 – концентрація пар диполів (d-d); C_1 і C_2 – концентрація $(F_A - V_K)$ і $(F_A - V_{KD})$ -комплементарних пар відповідно; C_3 – концентрація $(M_A^+ - V_{KA})$ -пар центрів забарвлення.

Табл. 3. Концентрація центрів забарвлення у кристалах CaF_2-Na

№ з/п	C, мол. %	C_2^*/C_0	$(C_1+C_2)/C_2^*$	C_2/C_2^*
1	0,2	0,162	2,37	1,25
2	0,025	0,120	4,95	1,67

C – концентрація іонів у кристалі; C_0 – концентрація пар диполів ($C_0=0,5C$); C_1 і C_2 – концентрації $(F_A - V_K)$ і $(F_A - V_{KD})$ -пар у кристалі, опромінені за $T < 120$ К на стадії насичення забарвлення; C_2^* – те ж саме для $(F_A - V_{KD})$ -пар за температури опромінення кристала $T=150$ К.

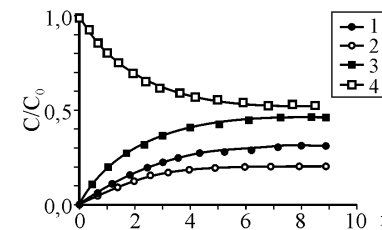


Рис. 1. Кінетика нагромадження центрів забарвлення: $(F_A - V_K)$ (крива 1), $(F_A - V_{KD})$ (крива 2), $(F_A - V_K) + (F_A - V_{KD})$ (крива 3); кінетика радіаційного руйнування домішково-вакансійних диполів (d-d) (крива 4) у кристалах CaF_2-Na ($C=0,2$ мол. % NaF) у процесі опромінення за температури зразка $T < 120$ К.

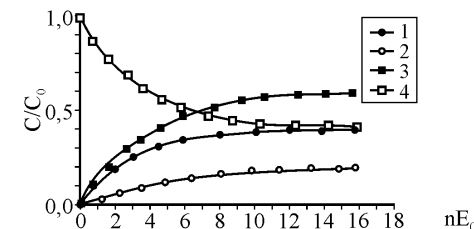
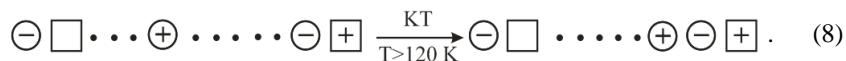
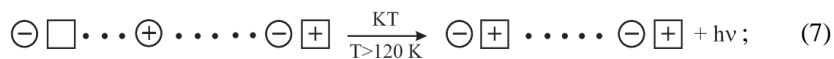


Рис. 2. Кінетика нагромадження центрів забарвлення: $(F_A - V_K)$ (крива 1), $(F_A - V_{KD})$ (крива 2), $(F_A - V_K) + (F_A - V_{KD})$ (крива 3); кінетика радіаційного руйнування домішково-вакансійних диполів (d-d) (крива 4) у кристалах CaF_2-Na ($C=0,025$ мол. % NaF) у процесі опромінення за температури $T=80$ К зразка.

3. Обговорення результатів

3.1. Співвідношення між концентрацією V_K і V_{KD} -центрів забарвлення. За умови автолокалізації дірок у ґратці кристала генерація центрів забарвлення відбувається згідно з рівняннями (1) і (2) – у кристалі утворюються F_A , V_K і V_{KD} -центри забарвлення. Розрахунки показують (див. табл. 2), що концентрація V_K -центрів (концентрація $(F_A - V_K)$ -комплементарних пар) вища за концентрацію V_{KD} -центрів (концентрацію $(F_A - V_{KD})$ -пар). Це співвідношення (величина C_1/C_2) зростає із зменшенням вмісту домішок у кристалі (див. табл. 2). Причина цього явища очевидна: V_{KD} -центр (за умови автолокалізації дірок) виникає тільки в тому випадку, коли розпад електронно-діркової пари відбувається в аніонному вузлі, який розташований у першій чи другій координаційній сфері домішкового іона, а V_K -центр може утворюватися в будь-якому із вузлів аніонної ґратки кристала.

3.2. Термостимульовані процеси. Якщо забарвлений кристал прогріти до температури, за якої дірки набувають мобільності ($T=120\div 150$ К), то V_K -центри зникають:



Рівняння (7) описує рекомбінаційний механізм термічного знебарвлення кристала: $((F_A - V_K) \rightarrow (d-d) + hv)$. Рівняння (8) описує захоплення мобільних дірок диполями: $(F_A - V_K) \rightarrow (F_A - V_{KD})$ -перетворення.

Розрахунки показали, що в досліджених кристалах $\text{CaF}_2\text{-Me}^+$ з концентрацією іонів лужного металу $C=0,025\text{-}0,2$ мол. % MeF знебарвлення V_{K} -центрів відбувається виключно рекомбінаційним шляхом (рівняння 7), а $(V_{\text{K}} \rightarrow V_{\text{KD}})$ -перетворення не відбувається.

Після прогріву забарвлених кристалів $\text{CaF}_2\text{-Me}^+$ до температури $T \approx 150$ К внаслідок реакції (7) $(F_A - V_{\text{K}})$ -комплементарні пари зникають, кристал містить тільки $(F_A - V_{\text{KD}})$ -пари центрів, які термічно стабільні до температури $T=200$ К. За $T > 200$ К відбувається термоактиваційний розпад V_{KD} -центрів (термоактиваційне відщеплення аніонної вакансії від V_{KD} -центра): $V_{\text{KD}} \xrightarrow[T > 200 \text{ K}]{KT} V_{\text{KA}} + V_{\text{a}}^+$. Мобільна аніонна вакансія захоплюється F_A -центром з утворенням M_A^+ -центра:



де: $\oplus \ominus - V_{\text{KA}}$ -центр; $\oplus \ominus \square - M_A^+$ -центр.

У табл. 2 наведено граничні концентрації центрів забарвлення на стадії насичення забарвлення кристала. Варто відзначити високу радіаційну чутливість кристалів $\text{CaF}_2\text{-Me}^+$ за низьких температур: на стадії насичення забарвлення кристала понад 50 % з наявних у кристалі домішково-вакансійних диполів, захопивши носії електричного заряду, перетворюються в центри забарвлення (див. рис. 1 і 2, табл. 2).

3.3. Вплив автолокалізації дірок на радіаційну чутливість флюоритів.

У табл. 3 наведено граничні значення концентрації $(F_A - V_{\text{KD}})$ -пар (C_2^*/C_0) для випадку, коли кристал опромінювався за $T=150$ К (рівняння 2) і концентрації $(F_A - V_{\text{K}})$ -пар (C_1/C_0) і $(F_A - V_{\text{KD}})$ -пар (C_2/C_0) для кристалів, опромінених за $T < 120$ К (рівняння (1) і (2)). Із результатів, наведених у табл. 3, при "замороженні" дірок радіаційна чутливість кристалів флюоритів зростає: $(C_1+C_2)/C_2^* \approx 3\text{-}5$.

Виникнення радіаційного забарвлення у кристалах $\text{CaF}_2\text{-Me}^+$ є результатом захоплення мобільних носіїв електричного заряду на домішково-вакансійних диполях: локалізація електронів і дірок на диполях зумовлює утворення у кристалі $(F_A - V_{\text{KD}})$ -комплементарних пар (рівняння (2)). Із збільшенням часу опромінення концентрація центрів забарвлення зростає і, відповідно, вступає в дію механізм радіаційного висвічування (рівняння (4)). На стадії насичення забарвлення кристала досягається динамічна рівновага, коли число створених радіацією центрів забарвлення дорівнює числу зруйнованих радіацією центрів

$$d \dots R(e^-, e^+) \dots d \xrightleftharpoons[w_4]{w_2} F_A \dots R(e^-, e^+) \dots V_{\text{KD}}. \quad (10)$$

При цьому гранична концентрація центрів забарвлення досягає такої величини:

$$\frac{C_2^*}{C_0} = \frac{w_2}{w_2 + w_4}, \quad (11)$$

де C_2^* – концентрація $(F_A - V_{\text{KD}})$ -комплементарних пар на стадії насичення; C_0 – концентрація дипольних пар $(d-d)$ у кристалі до опромінення; w_2 і w_4 – імовірності реалізації рівнянь (2) і (4).

Якщо кристал опромінити за $T < 120$ К, коли дірки автолокалізовані, то, окрім реакцій (2) і (4), додатково відбуваються реакції, що описуються рівняннями (1), (3), (5) і (6). Рівняння (1) і (3) описують механізм генерування і радіаційного руйнування $(F_A - V_{\text{KD}})$ -пар.

$$d \dots R(e^-, e^+) \dots d \xrightleftharpoons[w_3]{w_1} F_A \dots R(e^-, e^+) \dots V_{\text{K}} \dots d. \quad (12)$$

Окрім цього, за наявності автолокалізації дірок відбуваються радіаційно стимульовані $V_{\text{K}} \rightleftharpoons V_{\text{KD}}$ -перетворення (рівняння (5) і (6)).

$$F_A \dots V_{\text{K}} \dots R(e^-, e^+) \dots d \xrightleftharpoons[w_6]{w_5} F_A \dots R(e^-, e^+) \dots V_{\text{KD}}. \quad (13)$$

Очевидно, що за низьких температур ($T < 120$ К) кінетика наростання центрів забарвлення досягає насичення, коли кожний із процесів, описаний рівняннями (10), (12) і (13) досягне динамічної рівноваги. З цієї причини граничні значення концентрації $(F_A - V_{\text{KD}})$ -пар, які утворюються у кристалі внаслідок опромінення за $T > 150$ К (C_2^*/C_0) та опромінених за $T < 120$ К (C_2/C_0) , не збігаються. Розрахунки (див. табл. 2 і 3) показують, що $C_2 > C_2^*$. Причина цього явища очевидна. За низьких температур, окрім механізму, який описується рівнянням (2), діє додатковий механізм утворення $(F_A - V_{\text{KD}})$ -пар за схемою, яку описує рівняння (5).

Література

1. Chornyi Z.P. Crystals $\text{SrCl}_2\text{-K}$ radiation sensitivity / Z.P. Chornyi, I.B. Pirko, V.M. Salapak // Functional materials. – 2011. – Vol. 18, № 2. – Pp. 206-210.
2. Чорний З.П. F_D -центри в кристалах флюоритів, легованих лужними металами / З.П. Чорний, І.Б. Пірко, В.М. Салапак, М.Р. Панасюк // Журнал фізичних досліджень : зб. наук. праць. – 2012. – Т. 16, № 1. – С. 1602-1-1602-8.
3. Чорний З.П. Центри забарвлення в кристалах $\text{CaF}_2\text{-Na}$ і $\text{CaF}_2\text{-Li}$. II. Результати теоретичних досліджень / З.П. Чорний, І.Б. Пірко, В.М. Салапак, М.В. Дячук // Фізика і хімія твердого тіла : зб. наук. праць. – 2013. – Т. 14, № 4. – С. 717-720.
4. Чорний З.П. Радіаційні процеси в кристалах флюоритів з точковими дефектами дипольного типу. Одновимірна модель / З.П. Чорний, І.Б. Пірко, В.М. Салапак, М.В. Дячук // Електроніка та інформаційні технології. – 2013. – Вип. 3. – С. 70-78.
5. Hayes W. Crystals with fluorite structure / W. Hayes // Oxford, 1974. – 448 p.
6. Лисицын В.М. Образование радиационных дефектов при распаде электронных возбуждений в кристаллах со сложной структурой решетки : автореф. дисс. на соискание учен. степени д-ра физ.-мат. наук / В.М. Лисицын. – Рига, 1980. – 24 с.
7. Beaumont J.H. Trapped hole centres in alkaline earth fluorides / J.H. Beaumont, W. Hayes, G.P. Summers, I.W. Twidell // Sol. State Communs. – 1968. – Vol. 6, № 8. – Pp. 97-108.

Чорний З.П., Пірко І.Б., Салапак В.М., Дячук М.В., Онуфрив О.Р. Автолокалізація дырок в кристаллах $\text{CaF}_2\text{-Me}^+$ ($\text{Me}^+ = \text{Li}^+, \text{Na}^+, \text{K}^+$). Расчеты кинетики генерации

В моделі лінійного іонного кристалла розрахована кінетика наростання концентрації центрів окраски в кристаллах $\text{CaF}_2\text{-Me}^+$. Розрахована ймовірність утворення $(F_A\text{-}V_K)$ і $(F_A\text{-}V_{KD})$ -комплементарних пар при розпаді електронно-дірочної пари в кристалі та ймовірності їх радіаційного руйнування. Досліджено залежність концентрації центрів окраски від вмісту домішок в кристалі, а також співвідношення між концентрацією V_K і V_{KD} -центрів. Досліджено механізм термоактиваційного обесцвітлення V_K -центрів. Показано, що термоактиваційне руйнування $(F_A\text{-}V_K)$ -комплементарних пар відбувається внаслідок випромінювання рекомбінації мобільних дірок з F_A -центрами, $V_K \rightarrow V_{KD}$ -перетворення відсутні.

Ключові слова: кристали, радіація, центри окраски.

Chornyi Z.P., Pirko I.B., Salapak V.M., Dyachuk M.V., Onufriv O.R. Auto-localization of Holes in $\text{CaF}_2\text{-Me}^+$ ($\text{Me}^+ = \text{Li}^+, \text{Na}^+, \text{K}^+$) Crystals. Calculations of Generation Kinetics

Kinetics of the concentration growth of color centers in $\text{CaF}_2\text{-Me}^+$ crystals is calculated in the linear model of ionic crystal. The probability of formation $(F_A\text{-}V_K)$ and $(F_A\text{-}V_{KD})$ -pairs in the decay of electron-hole pairs in the crystal and the probability of radiation damage are calculated. The dependence of the concentration of color on the content of impurities in the crystal, and the ratio between the concentration of V_K and V_{KD} -centers are researched. The mechanism of thermoactivated discoloration of V_K -centers is studied. It is shown that thermoactivated destruction of $(F_A\text{-}V_K)$ -pairs is due to radiative recombination of mobile holes F_A -centers, $V_K \rightarrow V_{KD}$ -conversion available.

Keywords: crystals, radiation, color centers, kinetics.

УДК 004.94:674.047

*Проф. Я.І. Соколовський, д-р техн. наук;
ст. викл. В.І. Криштанович,*

ст. викл. О.В. Мокрицька, канд. техн. наук – НЛТУ України, м. Львів

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В'ЯЗКОПРУЖНОГО СТАНУ ДЕРЕВИНИ У ПРОЦЕСІ СУШІННЯ ЯК БАГАТОФАЗНОЇ СИСТЕМИ

Розв'язано важливу для процесу сушіння задачу визначення в'язкопружного деформування деревини як трифазної системи з урахуванням анізотропії тепломеханічних характеристик. Сформульовано математичну модель тепломасоперенесення для періодів сталої і спадаючої швидкості сушіння капілярно-пористих матеріалів. Побудовано математичну модель реологічної поведінки деревини як трифазного середовища з урахуванням анізотропії тепломеханічних характеристик. Розроблено прикладне програмне забезпечення для чисельної реалізації математичних моделей на основі адаптації методу скінченних елементів. Встановлено закономірності впливу технологічних параметрів сушіння на процеси в'язкопружного деформування і тепломасоперенесення у твердих, рідких і парових фазах для деревини.

Ключові слова: математична модель, в'язкопружне деформування, тепломасоперенесення, багатофазна система, метод скінченних елементів, об'єктно-орієнтоване програмування, сушіння деревини.

Актуальність дослідження. Створення нових та вдосконалення наявних енерго- та ресурсозберігаючих технологій процесу зневоднення гетерогенних капілярно-пористих матеріалів набуває важливого практичного значення у зв'язку з високими вимогами до якості готової продукції, потребою зниження фінансових і часових витрат на процес промислового впровадження. У вирішенні цієї важливої проблеми значну роль відіграє розроблення математичних моделей для дослідження деформаційно-релаксаційних і тепломасообмінних процесів під час сушіння капілярно-пористих матеріалів, зокрема деревини, з урахуванням бага-

тофазності та багатокомпонентності матеріалу. Незважаючи на значні успіхи у цій галузі, на сьогодні не існує єдиного феноменологічного підходу щодо моделювання процесів деформування і тепломасоперенесення у гетерогенних капілярно-пористих структурах. Найвні математичні моделі та методи аналізу деформування та тепломасоперенесення в деревині у процесі сушіння, в основному, базуються на підході до структурної будови матеріалу як гомогенної, не беруть до уваги особливостей зміни в'язкопружної поведінки матеріалу з урахуванням кінетики фазових переходів. Ці процеси переважно досліджено для задач в одновимірній постановці із залученням значної кількості допущень. Тому побудова двовимірних математичних моделей в'язкопружного стану деревини у процесі сушіння з урахуванням особливостей багатофазної структури і визначальних технологічних факторів є актуальною задачею.

Мета дослідження – розроблення двовимірних математичних моделей та встановлення закономірностей анізотропного в'язкопружного деформування деревини як багатофазної структури у процесі конвективного сушіння.

Аналіз літературних джерел. Побудова математичних моделей, які описують тепломасообмінні та деформаційно-релаксаційні процеси, ґрунтується на феноменологічних уявленнях механіки спадкових середовищ і методах нерівноважної термодинаміки. У зв'язку із складністю структурної будови деревини як неоднорідного анізотропного природного композита, встановлено, що допускається ряд спрощень, враховуючи: однорідність матеріалу, сталість фізичних характеристик, нехтування їхньою анізотропією тощо. Математичні моделі дослідження тепломасоперенесення в деревині під час сушіння як гомогенному тілі описано в [2, 5, 9, 10, 13] та інших працях.

У рамках іншого підходу математичні моделі процесу сушіння капілярно-пористих матеріалів розроблено на основі теорії багатофазної фільтрації у гетерогенних середовищах [1, 3, 6, 7, 11]. У цих дослідженнях вводяться ефективні характеристики процесів, усереднені за фазами.

Проведений аналіз математичного моделювання деформаційно-релаксаційних процесів під час сушіння у капілярно-пористих матеріалах показав зміщення акценту досліджень на однорідну гомогенну область. Побудова математичної моделі реологічного стану деревини у широкому діапазоні зміни фізико-механічних властивостей з урахуванням багатофазності структури матеріалу є складною і не повністю вирішеною проблемою.

У процесі математичного моделювання деформаційно-релаксаційних і тепломасообмінних процесів у багатофазних середовищах використовуються складні нелінійні диференціальні рівняння у частинних похідних. Отримання аналітичних розв'язків навіть для найпростіших випадків є утрудненим. Для чисельної реалізації математичних моделей актуальним є використання чисельних методів та розроблення програмного забезпечення. На цей час успішно використовуються методи скінченних елементів і граничних елементів та їх модифікації, а також різницеві методи. Тому актуальним завданням є розроблення математичних моделей процесу сушіння капілярно-пористих матеріалів, зокрема деревини, як трифазного середовища, що складається з твердої фази (деревної речовини), рідкої і пароповітряної фаз. Математичні моделі тепломасоперенесень та деформування, що враховують багатофазність капілярно-пористих матеріалів у процесі сушіння, уможливають прогнозування особливостей зміни вологовмісту,