

5. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ГАЛУЗІ

УДК 674.647:004.942

Проф. Я.І. Соколовський, д-р техн. наук; асист.

І.Б. Борецька; доц. М.В. Дендюк, канд. техн. наук – НЛТУ України, м. Львів

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЗВ'ЯЗКУ ПЕРЕНЕСЕННЯ ТЕПЛА І ВОЛОГИ НА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМІВНИЙ СТАН У ДЕРЕВНІЙ ПЛАСТИНІ

Розглянуто взаємопов'язані процеси перенесення тепла і вологи та досліджено їхній вплив на напружений стан деревини. Проаналізовано вплив взаємозв'язку основних механічних і фізичних характеристик зовнішнього і внутрішнього тепломасоперенесення на розподіл нормальних і тангентальних напружень у деревній пластині.

Актуальність досліджень. У процесі сушіння майже всі капілярно-пористі матеріали підлягають деформуванню. Це зумовлено, зокрема, залежністю питомого об'єму матеріалів від зміни взаємозв'язаних процесів перенесення тепла і вологи. Своєю чергою, деформування певним чином впливає на процеси тепломасоперенесення. Тому оптимізація багатьох гідротермічних технологій тісно пов'язана з дослідженням взаємозв'язку тепломасообмінних і деформаційно-релаксаційних процесів у капілярно-пористих матеріалах.

Аналіз досліджень. Вивченню процесів тепломасоперенесення у процесі сушіння капілярно-пористих матеріалів присвячено значну кількість досліджень теоретичного і прикладного характеру [1-3, 7, 13]. Моделювання процесів неізотермічного вологоперенесення у процесі сушіння деревини як анізотропного двовимірного матеріалу здійснено у працях [4-6]. Відомі різні підходи інженерного розрахунку процесів тепломасоперенесення з врахуванням анізотропії і багатомірності. Огляд таких досліджень досить детально наведено у працях [2, 7].

У роботах [8-11] досліджено математичні моделі, аналітичні та чисельні методи розрахунку деформаційно-релаксаційних полів у деревині в процесі сушіння у пружній і в'язкопружній областях деформування.

У цій роботі наведено результати досліджень впливу взаємозв'язку процесів тепломасоперенесення на плоский напружено-деформівний стан деревини у процесі сушіння. Здійснено аналіз впливу комплексу теплофізичних і механічних характеристик матеріалу на розподіл нормальних і тангентальних напружень у пружній деревній пластині.

Розрахунок полів температури і вологості. Розглянемо процес тепломасоперенесення у нескінченній плоскопаралельній пластині. Нехай вісь X напрямлена перпендикулярно поверхням пластини розміром l , а початок координат знаходиться посередині між поверхнями. Початкова температура пластини дорівнює $T_0(x)$, а вологості $U_0(x)$. У цьому випадку рівняння тепломасоперенесення, граничні і початкові умови запишемо у такому вигляді:

$$\partial T(x, \tau) / \partial \tau = a \cdot \partial^2 T(x, \tau) / \partial x^2 + (\varepsilon \nu / c) \cdot \partial U(x, \tau) / \partial \tau; \quad (1)$$

$$\partial U(x, \tau) / \partial \tau = a_m \cdot \partial^2 U(x, \tau) / \partial x^2 + a_m \delta \cdot \partial^2 T(x, \tau) / \partial x^2; \quad (2)$$

$$-\lambda \cdot \partial T / \partial x|_{x=R} + \alpha (T_c - T|_{x=R}) - (1 - \varepsilon) \rho \beta \gamma (U|_{x=R} - U_p) = 0; \quad (3)$$

$$\alpha_m \cdot \partial U / \partial x|_{x=R} + \alpha_m \delta \cdot \partial T / \partial x|_{x=R} + \beta (U|_{x=R} - U_p) = 0; \quad (4)$$

$$\partial T / \partial x|_{x=0} = 0; \quad \partial U / \partial x|_{x=0} = 0; \quad (5)$$

$$T(0, x) = T_0(x); \quad U(0, x) = U_0(x), \quad (6)$$

де: T – температура матеріалу ($^{\circ}\text{C}$); α – коефіцієнт теплопровідності ($\text{м}^2/\text{год}$); ε – критерій фазового переходу; ν – питома теплота фазового перетворення ($\text{ккал}/\text{кг}$); x – координата; c – питома теплоємність ($\text{Дж}/\text{кг град}$); U – вологовміст матеріалу ($\text{кг}/\text{кг}$); τ – час, (год); α_m – коефіцієнт вологопровідності ($\text{м}^2/\text{год}$); δ – термоградієнтний коефіцієнт ($1/\text{град}$); λ – коефіцієнт теплопровідності ($\text{Вт}/\text{м град}$); a – коефіцієнт теплообміну ($\text{Вт}/\text{м}^2 \text{град}$); β – коефіцієнт вологообміну ($\text{м}/\text{год}$); γ – густина сухої частини ($\text{кг}/\text{м}^3$); U_p – рівноважний вологовміст ($\text{кг}/\text{кг}$); T_c – температура середовища ($^{\circ}\text{C}$); U_0 – початковий вологовміст ($\text{кг}/\text{кг}$); T_0 – початкова температура ($^{\circ}\text{C}$).

Згідно з [13], аналітичний розв'язок крайової задачі (1)-(6) можна представити у вигляді:

$$(T(x, \tau) - T_0) / (T_c - T_0) = 1 - \sum_{n=1}^{\infty} (C_{n2} \cos \gamma_1 \mu_k \cdot x / R - C_{n1} \cos \gamma_2 \mu_k \cdot x / R) \cdot \exp(-\mu_k^2 Fo); \quad (7)$$

$$(U_0 - U(x, \tau)) / (U_0 - U_p) = 1 - \sum_{n=1}^{\infty} (C_{n1}^* \cdot (1 - \gamma_2^2) \cos \gamma_2 \mu_k \cdot x / R - C_{n2}^* \cdot (1 - \gamma_1^2) \cos \gamma_1 \mu_k \cdot x / R) \cdot \exp(-\mu_k^2 Fo); \quad (8)$$

$$\mu_k = m, n,$$

де: $C_{nj} = f(Fe, Lu, Ko, K_1, Bi_q, Bi_m)$, $\gamma_j^2 = f(Fe, Lu)$, ($j = \overline{1, 2}$) – функціональні залежності відповідних критеріїв: $Fe = \varepsilon \rho \delta / c$ – критерій Федорова; $Lu = \alpha_m / \alpha$ – критерій інерційності; $Ko = \frac{\rho(U_0 - U_p)}{c(T_c - T_0)}$ – критерій Коссовича;

$K_1 = \frac{(1 - \varepsilon)}{\varepsilon} \cdot Lu Bi_q / Bi_m$ – комплексний критерій; $Bi_m = R \cdot \beta / \alpha_m$ – вологообмінний,

$Bi_q = R \cdot a / \lambda$ – теплообмінний критерії Біо; μ_n – корені характеристичних рівнянь

$$\text{tg } \mu_m = \mu_m / Bi_m, \quad \text{tg } \mu_n = \mu_n / Bi_q. \quad (9)$$

Розрахунок плоского напруженого стану для дослідження впливу зв'язаності дифузії тепла і вологи на напружено-деформівний стан деревної пластини. Скористаємося співвідношеннями плоского напруженого стану для ізотропного матеріалу:

$$\begin{aligned} \varepsilon_x &= (1/E) \cdot (\sigma_x - \nu \sigma_y) + \alpha^* (T - T_0) + \beta^* (U - U_0); \\ \varepsilon_y &= (1/E) \cdot (\sigma_y - \nu \sigma_x) + \alpha^* (T - T_0) + \beta^* (U - U_0); \end{aligned} \quad (10)$$

$$\gamma_{xy} = \frac{2(1 + \nu)}{E} \tau_{xy},$$

де: E – модуль пружності; ν – коефіцієнт Пуассона, α^*, β^* – коефіцієнт лінійного і вологісного всихання.

Осереднюючи ці рівняння за товщиною пластини і беручи до уваги, що рівнодіючі напружень дорівнюють нулеві, для випадку симетричної задачі, компоненти напружень визначають за формулами:

$$\sigma_x = \sigma_y = \frac{E \alpha^*}{1-\nu} (\bar{T} - T) + \frac{E \beta^*}{1-\nu} (\bar{U} - U); \quad \tau_{xy} = 0, \quad (11)$$

де $\bar{T}(\tau)$, $\bar{U}(\tau)$ – середні за товщиною значення температури і вологості.

Аналіз чисельних досліджень. Для виконання чисельного аналізу впливу зв'язку процесів дифузії тепла і вологи на напружено-деформівний стан деревної пластини, вільної від зовнішніх фізичних навантажень, використовували такі дані. Деревну пластину пів товщиною $R=0,01$ м, породи сосни, густиною $\rho = 581$ кг/м³, початковими значеннями температури $T_0=20$ (°C) і вологовмісту $U_0=0,4$ кг/кг прогрівали для значень температури середовища $T_c=70$ (°C) і відносної вологості $\varphi = 50\%$. Теплофізичні і механічні характеристики приймали такими:

$$\alpha = 1,5518 \cdot 10^{17} \text{ (m}^2/\text{год)}; \quad \varepsilon = 0,5; \quad 0 \leq x \leq 1; \quad c = 2697,2 \text{ (Дж/кг} \cdot \text{град)};$$

$$\tau = 1 \text{ (год)}; \quad \alpha_m = 3,0894 \cdot 10^{10} \text{ (m}^2/\text{год)}; \quad \delta = 0,0387 \text{ (1/град)};$$

$$\lambda = 0,2999 \text{ (Вт/м} \cdot \text{град)}; \quad a = 21,6128 \text{ (Вт/м}^2 \cdot \text{град)}; \quad \beta = 6,2831 \text{ (м/год)};$$

Рівноважний вологовміст розраховували за формулою [2]

$$U_p = W_p / (100 - W_p), \quad W_p = 10,6^\varphi (0,0327 - 0,00015 T_0) \cdot 100. \quad (12)$$

З підвищенням температури середовища у деревній пластині виникає та зростає градієнт вологовмісту і температури. Матеріал змінює свою форму внаслідок зменшення у ньому вологовмісту і виникнення деформацій. На графіках (рис. 1, 2) показано розподіл напружень у часі для різних значень величини $\alpha \cdot \beta^* / \alpha^*$.

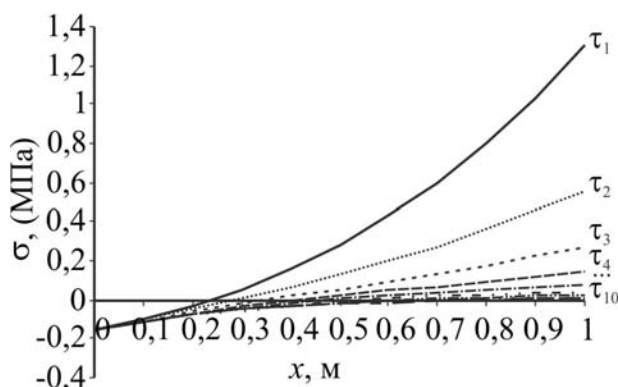


Рис. 1. Зміна напружень для $\alpha \cdot \beta^* / \alpha^* = 0,001$ у часі $\tau=0,1 \dots 1$ год, $\Delta\tau=0,1$ для різних координат x ($x \in [0,1]$)

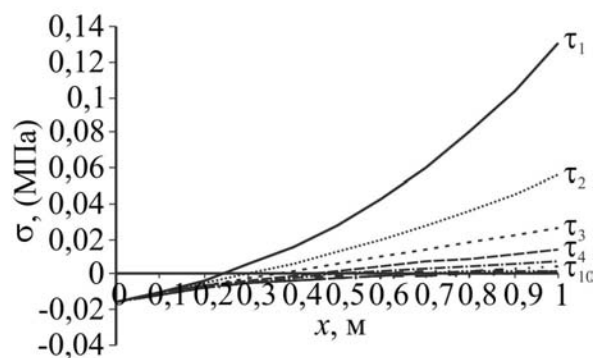


Рис. 2. Зміна напружень для $\alpha \cdot \beta^* / \alpha^* = 0,1$ у часі $\tau=0,1 \dots 1$ год, $\Delta\tau=0,1$ для різних координат x ($x \in [0,1]$)

Розподіл напружень у часі, коли величини $\beta \cdot \beta^* / \alpha^*$ набувають різних значень, наведено на рис. 3-5. Аналіз результатів свідчить про те, що зміна

величини $\alpha \cdot \beta^* / \alpha^*$ змінює кількісний характер розподілу напружень. Водночас, зростання величини $\beta \cdot \beta^* / \alpha^*$ змінює не тільки кількісну, але й якісну картину розподілу напружень у деревній пластині. Для малих значень величини, що відповідає меншим швидкостям дифузії вологи порівняно зі швидкістю дифузії тепла, якісний характер зміни напружень не спостерігається. Відносно швидке зростання тепла практично підтримує температуру пластини постійною у процесі дифузії вологи з її поверхні.

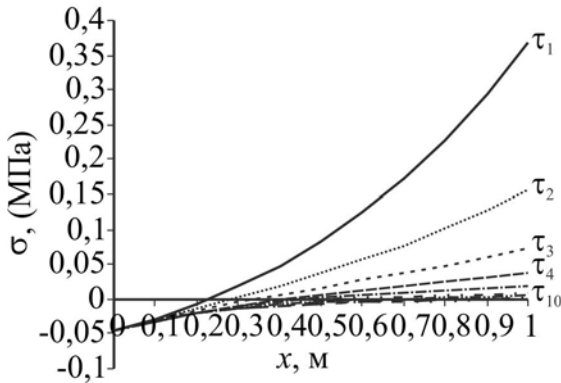


Рис. 3. Зміна напружень для $\beta \cdot \beta^* / \alpha^* = 0,001$ у часі $\tau = 0, 1 \dots 1$ год, $\Delta\tau = 0,1$ для різних координат x ($x \in [0,1]$)

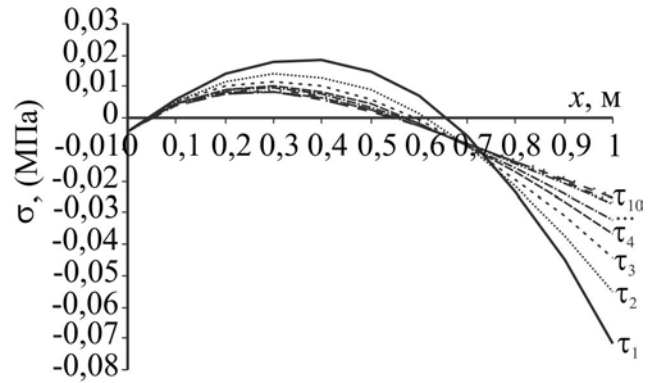


Рис. 4. Зміна напружень для $\beta \cdot \beta^* / \alpha^* = 0,1$ у часі $\tau = 0, 1 \dots 1$ год, $\Delta\tau = 0,1$ для різних координат x ($x \in [0,1]$)

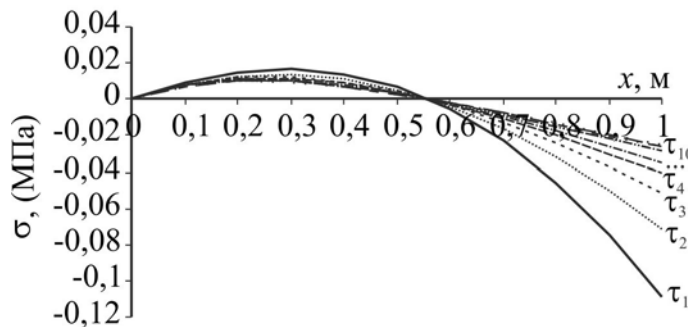


Рис. 5. Зміна напружень для $\beta \cdot \beta^* / \alpha^* = 100$ у часі $\tau = 0, 1 \dots 1$ год, $\Delta\tau = 0,1$ для різних координат x ($x \in [0,1]$)

Графічні залежності на рис. 6-8 характеризують вплив різних значень комплексу $Lu \cdot \beta^* / \alpha^*$ на розподіл напружень. Аналіз залежностей свідчить про те, що зв'язаність перенесення тепла і вологи істотно змінює не тільки кількісний характер розподілу напружень, але й якісний.

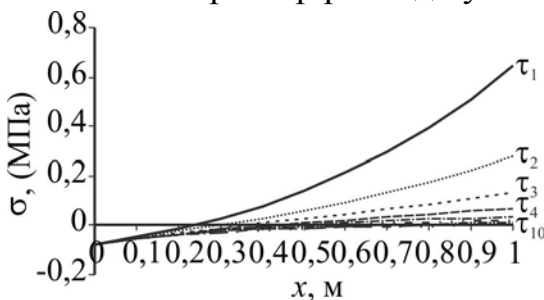


Рис. 6. Зміна напружень для $Lu \cdot \beta^* / \alpha^* = 0,001$ у часі $\tau = 0, 1 \dots 1$ год, $\Delta\tau = 0,1$ для різних координат x ($x \in [0,1]$)

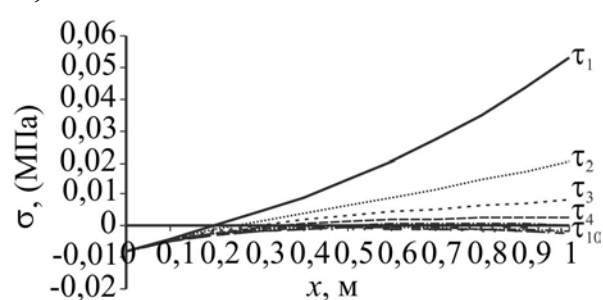


Рис. 7. Зміна напружень для $Lu \cdot \beta^* / \alpha^* = 0,1$ у часі $\tau = 0, 1 \dots 1$ год, $\Delta\tau = 0,1$ для різних координат x ($x \in [0,1]$)

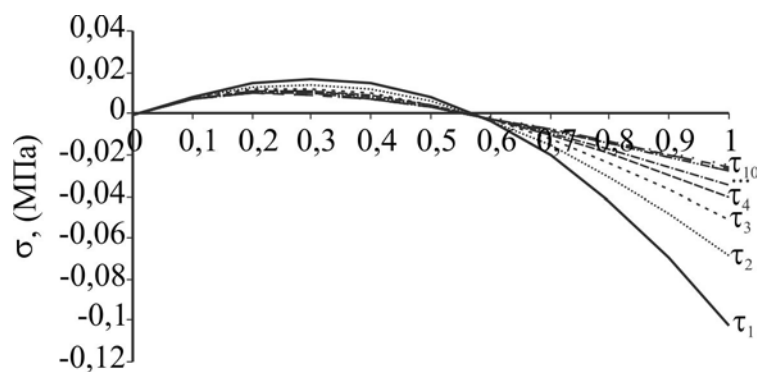


Рис. 8. Зміна напружень для $Lu \cdot \beta^* / \alpha^* = 100$ у часі $\tau=0,1 \dots 1$ год,
 $\Delta\tau=0,1$ для різних координат x ($x \in [0,1]$)

Висновки. У рамках плоского напружено-деформівного стану досліджено вплив взаємозв'язку процесів дифузії тепла і вологи на розподіл напружень у процесі нагрівання деревної пластини.

На основі чисельного аналізу виявлені характерні особливості різних інтенсивностей дифузії тепла і вологи на розподіл напружень за товщиною пластини.

Література

1. **Лыков А.В.** Теория сушки / А.В. Лыков. – М. : Изд-во "Энергия", 1968. – 472 с.
2. **Шубин Г.С.** Сушка и тепловая обработка древесины / Г.С. Шубин. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1990. – 336 с.
3. **Билей П.В.** Сушка древесины твердых лиственных пород. – Изд. 2-е / П.В. Билей. – М. : Изд-во "Экология", 2002. – 224 с.
4. **Соколовський Я.І.** Розрахунок анізотропних нестационарних температурно-вологісних полів у висушуваній деревині методом скінчених елементів / Я.І. Соколовський, А.В. Бакалець // Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість. – Львів : Вид-во УкрДЛТУ. – 2004. – Вип. 29. – С. 110-118.
5. **Бакалець А.В.** Моделювання нелінійних тепломасообмінних процесів у висушуваній деревині методом скінчених елементів / А.В. Бакалець, Я.І. Соколовський, // Вісник Національного університету "Львівська політехніка": Комп'ютерна інженерія та інформаційні технології. – Львів : Вид-во НУ "Львівська політехніка". – 2005. – Вип. 543. – С. 58-63.
6. **Соколовський Я.І., Дендюк М.В., Поберейко Б.П.** Моделирование деформационно-релаксационных процессов в древесине во время сушки / Соколовский Я.И., Дендюк М.В., Поберейко Б.П. // Лесной журнал : изд. ВУЗов России. – Архангельск. – 2007. – № 1. – С. 75-83.
7. **Математичне** моделювання технологічних процесів: Методи математичного моделювання і розв'язання процесних задач / Федоткін І.М., Бурляй І.Ю., Рюмшин М.О. – К. : Вид-во "Техніка", 2002. – 407 с.
8. **Соколовський Я.І.** Моделирование деформационно-релаксационных процессов в древесине во время сушки / Соколовский Я.И., Дендюк М.В., Поберейко Б.П. // Лесной журнал : изд. ВУЗов России. – Архангельск. – 2007. – № 1. – С. 75-83.
9. **Дендюк М.В.** Вплив параметрів агента сушіння на вологісний і напружено-деформівний стан пиломатеріалів у процесі їх гідротермічної оброблення / Дендюк М.В., Соколовський Я.І. // Науковий вісник УкрДЛТУ : зб. наук.-техн. праць. – Львів : Вид-во УкрДЛТУ. – 2006. – Вип. 16.6. – С. 97-103.
10. **Соколовський Я.І.** Моделювання деформаційно-релаксацийних процесів у висушуваній деревині методом скінчених елементів / Я.І. Соколовський, А.В. Бакалець // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – Сер.: Комп'ютерні науки та інформаційні технології. – Львів : Вид-во НУ "Львівська політехніка". – 2006. – Вип. 565. – С. 51-57.
11. **Соколовський Я.І.** Моделювання та оптимізація технологічних режимів сушіння деревини / Я.І. Соколовський, А.В. Бакалець // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – Сер.: Комп'ютерні науки та інформаційні технології. – Львів : Вид-во НУ "Львівська політехніка". – 2008. – Вип. 629. – С. 105-111.

12. Уголев Б.Н. Контроль напряжений при сушке древесины / Б.Н. Уголев, Ю.Г. Лапшин, Е.В. Кротов. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1980. – 208 с.

13. Лыков А.В. Теория переноса энергии и вещества / А.В. Лыков, Ю.А. Михайлов. – Минск : Изд-во Академии наук БССР, 1959. – 332 с.

Соколовский Я.И., Борецкая И.Б., Дендюк М.В. Анализ влияния связи переноски тепла и влаги на напряженно-деформационное состояние в древесной пластине

Рассмотрены взаимосвязанные процессы перенесения тепла и влаги и исследовано их влияние на напряженное состояние древесины. Проанализировано влияние взаимосвязи основных механических и физических характеристик внешнего и внутреннего тепломасопереноса на распределение нормальных и тангентальных напряжений в древесной пластине.

Sokolowsky Ya.I., Boretska I.B., Dendyuk M.V. Impact analysis of heat and moisture transfer connection on the stress-deformed state in a batten from the wood

The article deals with the interrelated processes of heat and moisture transfer and investigates their effect on the tense state of wood. The impact of general mechanic and physical characteristics of outer and inner heat and mass transfer on the distribution of normal and plain-sawed pressing in a batten is analyzed in the article.

УДК 641.07

*Доц. О.І. Досяк, канд. екон. наук – Львівський ДІНТУ
ім. Вячеслава Чорновола*

**РОЗРОБЛЕННЯ МАКЕТУ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ
"ЕЛЕКТРОННИЙ РЕЄСТР ДОГОВОРІВ ОРЕНДИ"**

Розглянуто питання розроблення інструментарію інформаційної системи обліку розрахунків з орендарями для підприємств з великою чисельністю орендарів (ринки, торгові центри). Систему призначено для швидкого автоматизованого аналізу розрахунків за орендну плату. Джерелом інформації для роботи системи є електронні реєстри договорів оренди, орендованих приміщень, відомостей про орендарів.

Сучасний стан проблеми. Питання щодо розроблення інформаційних систем для потреб ринку сьогодні досліджують відомі на ринку програмного забезпечення розробники, а саме: 1С, Галактика, Парус. Вони на ринок постачають готові пакети програмного забезпечення за визначеною ціною. Розробники забезпечують конфігурування, налаштування і впровадження своїх пакетів у замовника, а також супровід поставленого програмного забезпечення, пільгове оновлення нових версій, консультативний супровід.

З огляду на досить високу вартість ліцензованого програмного забезпечення, більшість малих підприємств, які б бажали впровадити нові інформаційні технології у сферу бухгалтерського обліку, залишаються поза ринком пропонованого програмного забезпечення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій показує, що за допомогою стандартного забезпечення MS Office, а саме MS Excel та MS Access всіх модифікацій можна організувати з дотриманням стандартів [1-4] реалізацію практичних підсистем бухгалтерського обліку [5-8] на малих підприємствах залучаючи до виконання робіт підготовлений персонал. Джерела [9-10] показують, що стандартне забезпечення MS Office може успішно використовуватись для розв'язку практичних задач автоматизації.