

ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ МОДИФІКОВАНОЇ ДЕРЕВИНИ ПІД ДІЄЮ ВОЛОГИ

Яріз В. О., Вєдь В. В., Зибайло С. М., Чабан О. О., Карпенко В. А.

Об'єктом досліджень є перспективний конструкційний матеріал – модифікована деревина. Збільшення терміну використання деревини за умови збереження конструкційних характеристик – перспективний напрямок досліджень. Модифікація деревини у відповідності до конструкційних вимог з урахуванням санітарних та інших вимог – важлива задача. Найбільш поширені технології модифікації – просочення. Автоклавне просочення деревини під тиском вимагає складного устаткування для утворення збиткового тиску. Просочення конденсаційним методом, або методом «холодних та гарячих ванн», значно зменшує собівартість отримання модифікованої деревини. Дослідження стійкості геометричних розмірів модифікованої деревини під дією вологи дає можливість оцінити ефективність процесу модифікації (просочення) і як наслідок оцінити термін використання. В дослідженнях використовувались зразки з соснового бруса (ДСТУ ISO 738:2018) розміром 300×70×15 мм. Для проведення досліджень вибирали три групи зразків з радіальним (Р), тангенціальним (Т) та змішаним (З) напрямом волокон деревини. Для модифікації просоченням використовували лляну олію та сикатив в концентрації 25 г/л. У відповідності до технології модифікації зразки замочували у водному розчині з сикативом, далі занурювали в лляну олію нагріту до 130 ± 10 °С, а потім занурювали в лляну олію при температурі 20 °С. Отримані зразки висушували в атмосферних умовах і для дослідження стійкості геометричних розмірів замочували у воді протягом доби. В результаті досліджень встановлено, що оптимальною температурою нагрівання зразків є діапазон 120–140 °С. Також встановлено, що найбільш стійкими до зміни геометричних розмірів є зразки зі змішаним напрямом волокон (З), в яких зміни розмірів склали 0,5 % у порівнянні з сухими зразками. Незалежно від напрямку волокон, вологопоглинання модифікованих зразків становило 0,07 об. %, що становить великий практичний інтерес.

Ключові слова: просочення деревини, конденсаційний спосіб, лляна олія, водний розчин з сикативом, модифікація деревини, геометричні розміри.

1. Вступ

В теперішній час модифікована деревина використовується в будівельній галузі для спорудження будівель та технічних об'єктів тривалої експлуатації, надання їм декоративних та естетичних властивостей. Це передбачає її стійкість до впливу атмосферних явищ (перепаду температур, вологи, ультрафіолетового опромінення). Метою модифікації деревини є досягнення кращих характеристик, що призводить до поліпшення стійкості до гниття, до зміни

геометричних розмірів, до атмосферних впливів тощо. Модифікація деревини передбачає застосування хімічних, фізичних або біологічних методів для зміни властивостей цього будівельного матеріалу [1, 2]. Найбільш застосованим фізичним методом модифікації деревини можна вважати просочення [3, 4]. В промисловості просочення проводять автоклавним способом, де головними параметрами є температура та тиск обробки [5], або конденсаційним способом, під дією атмосферного тиску [5–7]. В якості просочувальних розчинів використовують олії та смоли з додаванням компонентів, що пришвидшують їх поліконденсацію, або надають матеріалу додаткові властивості – стійкість до температурного, атмосферного або біологічного впливу. В роботі [8] досліджено просочення хвойних порід деревини смолами на основі мелаїноформальдегіду, при цьому поліпшуються ряд властивостей деревини, таких як твердість поверхні та стійкість до атмосферних впливів. Для підвищення розмірної стійкості та біологічного захисту японського кедр для просочення використовують низькомолекулярні фенольні смоли звичайного, лужного та нейтрального типу, які після просочення деревини піддають термічному твердненню [9]. Оцінку деформаційної стійкості японського кедр, просоченого феноло-формальдегідною смолою з низькою молекулярною масою, при стисненні в радіальному напрямку проводили в роботі [10]. В результаті обробки цієї деревини модуль пружності збільшився з 10 ГПа до 22 ГПа, а міцність на згинання з 10 МПа до 250 МПа.

Для дослідження біологічного деградування деревини, авторами використовувався процес просочення Linotech [11]. Зразки деревини з норвезької ялинки розмірами 500×25×25 мм піддавали просоченню лляним маслом протягом 2–3 годин при тиску 0,8–1,4 МПа та температурі 60–140 °С. При дослідженні стійкості проти дії грибів коричневої гнилі, використовували просочувальний розчин на основі талової олії з вмістом борної кислоти 1–2 % об. [12]. Найкращі умови консервування деревини показав розчин талової олії з вмістом борної кислоти 2 % об.

Всі наведені вище дослідження не дають уявлення щодо механізму захисту деревини від дії атмосферних факторів, а речовини для просочування обиралися навмання. Однак основним атмосферним фактором для деревини є волога, яка значно впливає на зміну геометричних розмірів дерев'яних конструкцій, що при будівництві суворо заборонено, так як це несе загрозу цілісності будівель та життю людини. Отже, об'єктом досліджень є перспективний конструкційний матеріал – модифікована деревина. А мета даної роботи полягає у дослідженні впливу вологи на геометричні розміри модифікованої деревини.

2. Методика проведення досліджень

В якості основного способу просочення в роботі обрано простий та ефективний промисловий метод просочення деревини гаряче-холодними ваннами, в якому застосовують нетоксичні просочувальні речовинами [5]. Вибір цих речовин проводили з натуральних олій, які найбільш споріднені з капілярами волокон деревини.

Для дослідження процесу просочення та визначення водопоглинення модифікованої деревини використовували зразки розміром 300×70×15 мм, які виготовлені з *соснового бруса* (ДСТУ ISO 738:2018).

Перед початком просочення зразки попередньо висушили до залишкової вологості 2 мас. %, зважували на електронних вагах з точністю до 4 знаку та поділили на партії, кожна з яких включала 3 зразки. Кожен зі зразків у партії мав різне направлення волокон розпилу: радіальне (Р), тангенціальне (Т) та змішане (З). Зразки сосни у формі свіжеспиляного бруса природної вологості без попередньої сушки занурювали для замочування у водний розчин. Водний розчин містив сикатив в концентрації 25 г/л. Зразки витримували 10 хв при температурі 20 °С (холодна ванна), доки водний розчин не заповнював пори деревини, витісняючи частину повітря. Температуру вимірювали цифровим термометром з точністю ±0,5 °С. Далі зразки занурювали в лляну олію (ДСТУ ISO 150-2002) і витримували при температурі 130±10 °С (гаряча ванна). При цьому спостерігали інтенсивне піноутворення на поверхні олії та виділення з капілярів водяних парів разом з повітрям, яке містилося в порах деревини. Після завершення піноутворення, зразки занурювали у просочувальний розчин лляної олії з добавкою 10 мас. % каніфолі за температури 20 °С (холодна ванна), і витримували на протязі 15 та 120 хв, з метою дослідити зміну очікуваного ступеню просочення деревини. Після цього кожен партію зразків зважували та визначали ступінь просочення як відношення прибутку маси до початкової маси зразка. Статистичну обробку та розрахунок середніх показників результатів дослідження проводили за методиками [13].

Для визначення впливу вологи просочені зразки деревини залишали сушити на повітрі при температурі 20 °С та вологості повітря 60 % на протязі 2 діб. Далі підготовлені зразки замочували на 1 добу у дистильованій воді та за допомогою індикаторів, встановлених по довжині та ширині зразків, визначали водопоглинання та набрякання зразків. В якості крайніх точок, для порівняння зміни геометрії (ширини та довжини), були взяті непросочені зразки (Н), а також зразки, просочені в лляній олії на протязі 15 та 120 хв. Для оцінки величини зміни геометричної форми зразка під час набрякання у воді вводили коефіцієнт зміни лінійного розміру під впливом вологи.

3. Результати досліджень та обговорення

Дослідження виявили, що на вміст лляної олії в деревині впливає температура просочення (рис. 1). Як видно з рис. 1, просочування при змішаному напрямку розпилу волокон (З) відбувається інтенсивніше, ніж у радіальному (Р) чи тангенціальному (Т). Слід зазначити, що найбільш інтенсивно просочення у всіх напрямках відбувається протягом перших 40 хв при температурі лляної олії в межах 100–110 °С, а також на протязі перших 60 хв при температурі лляної олії в межах 120–140 °С, що дозволяє забезпечити просочення деревини в гарячій ванні на більш ніж 50 % від початкової маси зразків.

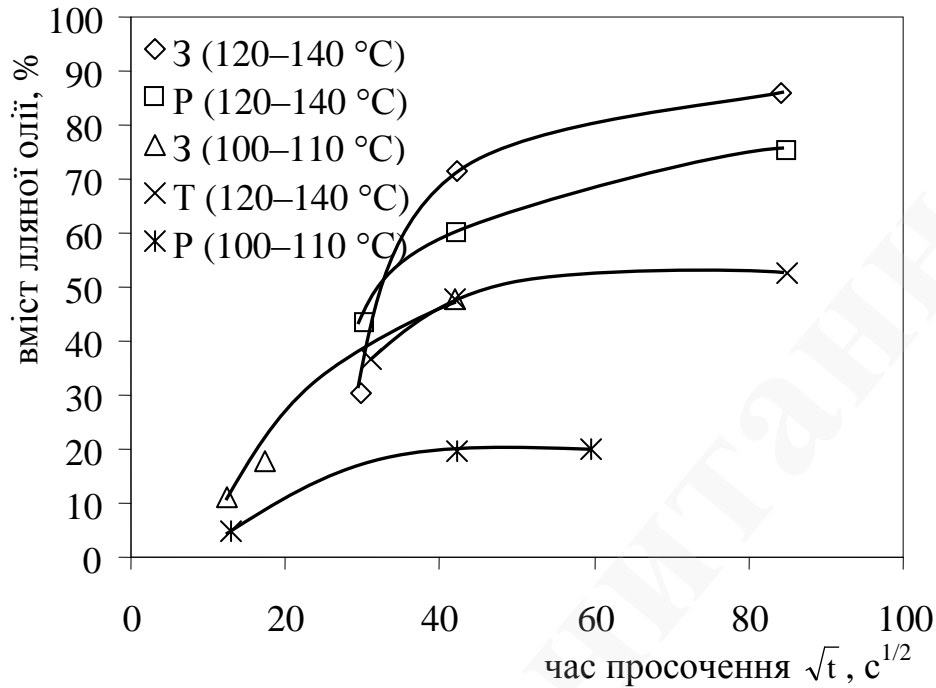


Рис. 1. Залежність вмісту лляної олії в зразках сосни від часу її просочення (t)

З даних рис. 2 виходить, що непросочені зразки (Н) набрякають по довжині більше, ніж просочені в олії на протязі 15 хв.

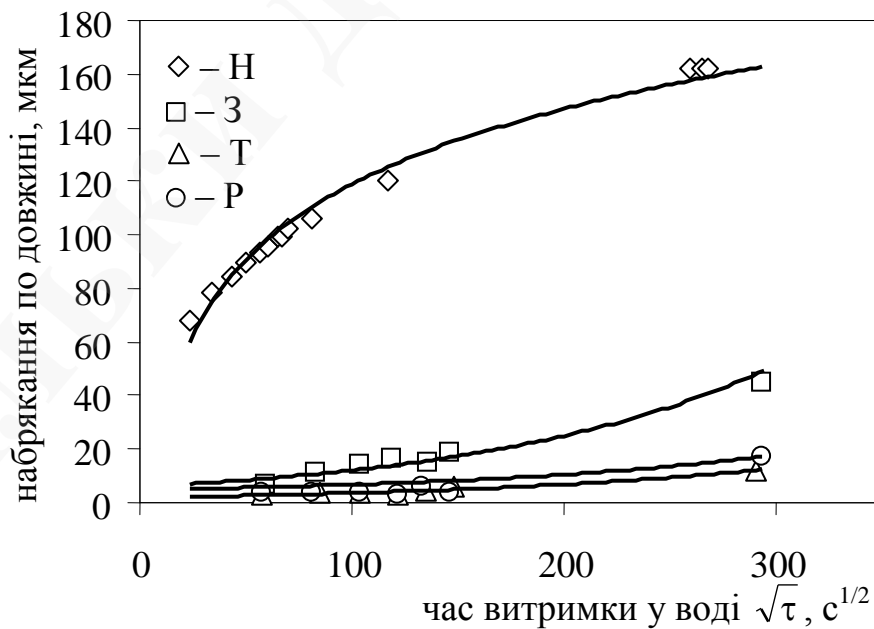


Рис. 2. Вплив часу витримки у воді (τ) на набрякання непросочених зразків (Н) та зразків з радіальним (Р), тангенціальним (Т) та змішаним (З) направленням розпилу волокон, просочених на протязі 15 хв

При цьому радіальне (Р) або тангенціальне (Т) направлення розпилу волокон майже не впливає на значення показника набрякання по довжині від

часу витримки у воді, але змішаний розпил (З) призводить до значної зміни геометрії зразка. Тому рекомендується проводити просочення тангенціально або радіально розпиленої деревини.

З даних рис. 3 можна бачити, що у порівнянні з непросоченим зразком (Н), майже просочені на протязі 120 хв зразки з радіальним (Р), тангенціальним (Т) та змішаним (З) направленням розпилу волокон майже не змінилися по довжині.

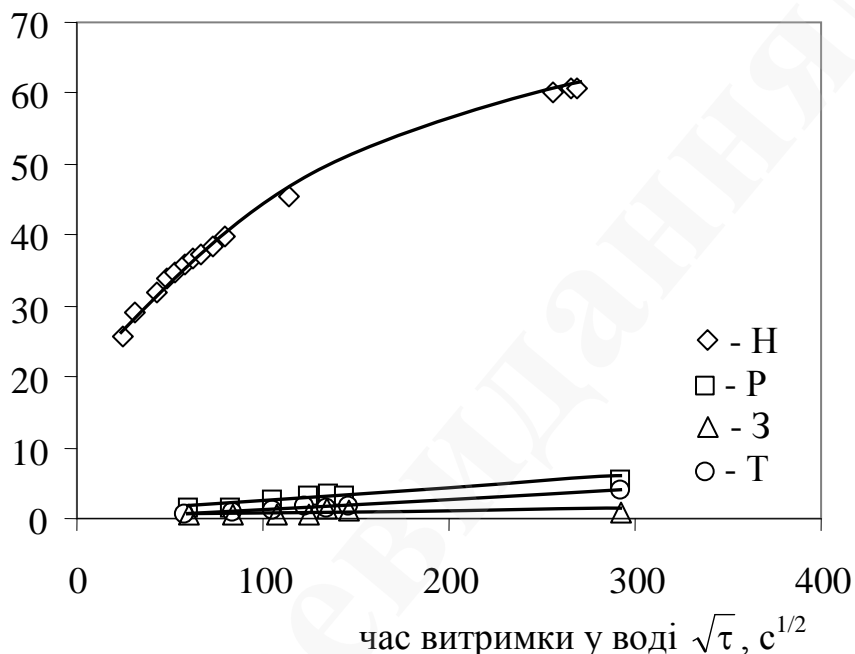
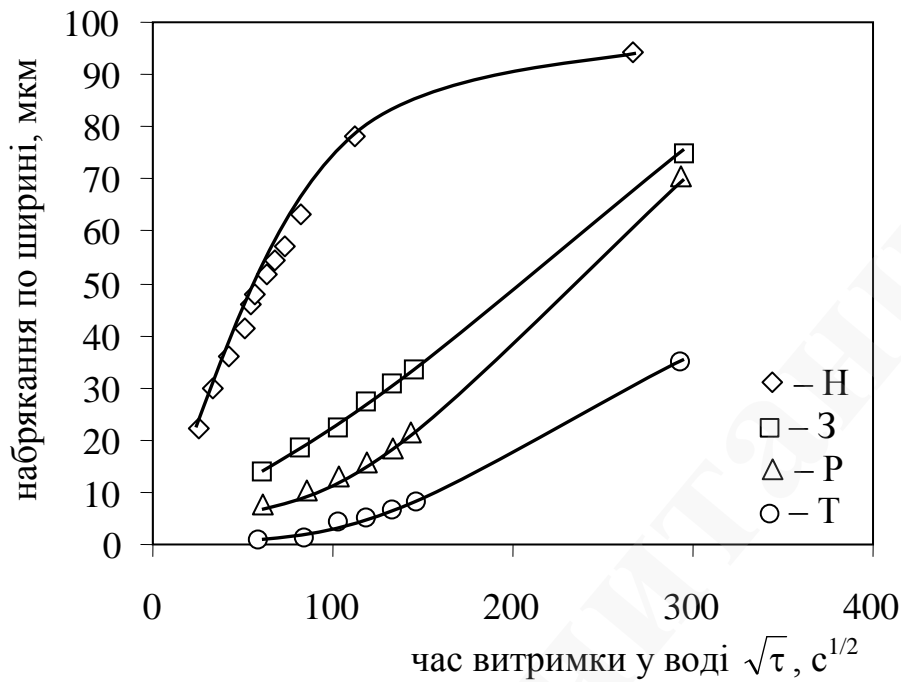


Рис. 3. Вплив часу витримки у воді (τ) на набрякання непросочених зразків (Н) та зразків з радіальним (Р), тангенціальним (Т) та змішаним (З) направленням розпилу волокон, просочених на протязі 120 хв

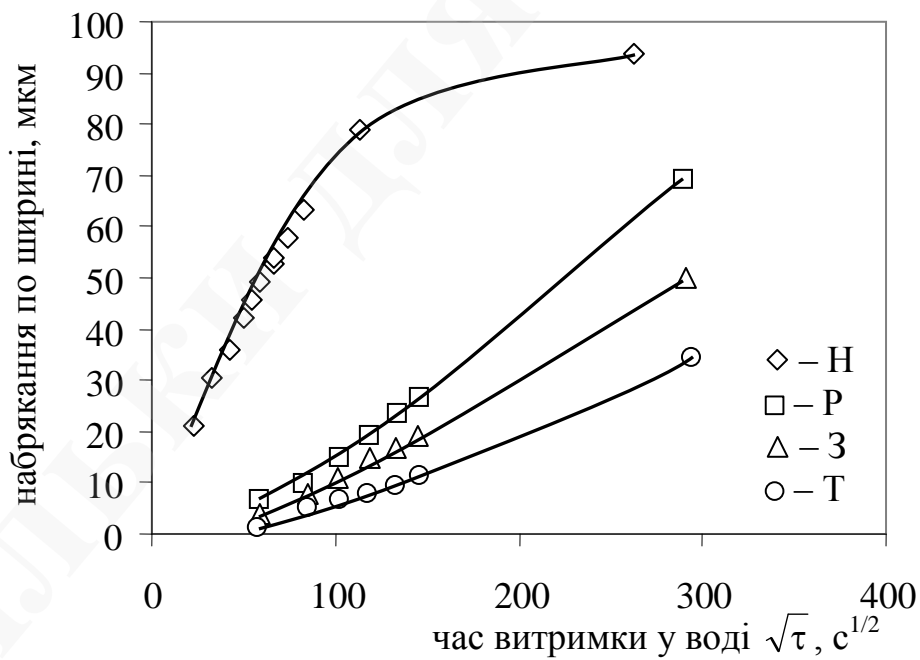
Зміни геометричних розмірів модифікованої деревини по ширині зразка дещо відрізняються від зміни розмірів по довжині (рис. 4). Це в першу чергу пов'язано з тим, що довжина зразка в 4,3 раза більша, ніж ширина. По-друге, напрямок волокон деревини простягається вздовж її довжини, тому набрякання по ширині під дією вологи найбільш уражає деревину.

Навідміну від непросоченої деревини, яка швидко набрякає у воді, просочена деревина має уповільнене всмоктування вологи, завдяки чому досягається ефект збереження геометричних розмірів та міцності зразків. Необхідно зазначити, що найкращу стійкість до вологи має зразок з тангенціальним розпилу волокон, просочений на протязі 120 хв.

Водопоглинання зразків з радіальним, тангенціальним та змішаним направленням розпилу волокон, просочених на протязі 120 хв, складало 0,098 об. %, 0,048 об. %, 0,070 об. % відповідно.



a



б

Рис. 4. Вплив часу витримки у воді (τ) на набрякання непросочених зразків (Н) та зразків з радіальним (Р), тангенціальним (Т) та змішаним (З) направленням розпилу волокон, просочених на протязі: *a* – 15 хв; *б* – 120 хв

Аналізуючи приведені експериментальні та графічні дані можна зробити висновок, що:

– оптимальною температурою гарячої ванни є температура 120–140 °С, завдяки якій, при переміщенні зразків у холодну ванну, поглинання

відбувається інтенсивніше та зразки краще просочуються, ніж зразки, які перебували у гарячій ванні з температурою 100–110 °С;

– найменші зміни розміру по довжині мають зразки зі змішаним напрямком волокон, просочені протягом 120 хв – 0,5 % від розміру сухого зразка, що викликає великий практичний інтерес для використання такого типу у опорних конструкціях, де важливим є мінімальна зміна розміру по довжині;

– незалежно від часу просочення та напрямку волокон в зразках, просоченні зразки менше набрякали по довжині та ширині, ніж непросоченні, при цьому вологопоглинання не перевищувало 0,070 об. %, що становить великий практичний інтерес.

4. Висновки

В роботі запропоновані чіткі принцип просочення хвойної деревини в гарячих-холодних ваннах, який дозволяє регулювати властивості модифікованої деревини. Для збереження геометричних розмірів модифікованої деревини під впливом вологи пропонується використовувати для просочення брус з тангенціальним або радіальним направленням розпилу волокон. Таким чином, запропоноване технічне рішення щодо одержання модифікованої деревини можливо впровадити в промислове виробництво будівельних матеріалів після проведення комплексу випробувань дії додаткових атмосферних факторів.

Література

1. Hill, C. A. S. (2011). Wood modification: An update. *BioResources*, 6 (2), 918–919.
2. Akselrud, G. A., Altshuller, N. A. (1983). *Vvedenie v kapilliarnuiu tekhnologiu*. Moscow: Khimiia, 264.
3. Sergovskii, P. S., Rasev, A. I. (1987). *Gidrotermicheskaia obrabotka i konservirovanie drevesiny*. Moscow: Lesnaia promyshlennost, 159.
4. Iariz, V. A. (1994). *Intensifikaciia tekhniki khimiko–tekhnologicheskoi obrabotki kapilliarno–poristyx tel na osnove sistemnogo podkhoda*. Dnepropetrovsk, 135.
5. Ved, V. V., Iariz, V. A., Chernichenko, V. A., Bikov, L. F. (2006). Optimizaciia i modernizaciia sposobiv glibokogo prosochennia derevini. *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*, 3, 179–182.
6. Zadorskii, V. M. (2004). Pat. No. 67662 UA. *Sposib prosochennia kapiliarno-poriznogo materialu*. MPK: B05D 3/00, B29B 15/10, B05D 1/18. No. 9863746; declared: 16.12.2003; published: 15.06.2004., Bul. No. 6.
7. Vizun, T. O., Iariz, V. O., Chernichenko, V. A., Bikov, L. F., Ved, V. V. (2010). Doslidzhennia sposobu glibokogo prosochennia derevini. *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*, 2, 39–41.
8. Gindl, W., Zargar-Yaghubi, F., Wimmer, R. (2003). Impregnation of softwood cell walls with melamine-formaldehyde resin. *Bioresource Technology*, 87 (3), 325–330. doi: [http://doi.org/10.1016/s0960-8524\(02\)00233-x](http://doi.org/10.1016/s0960-8524(02)00233-x)

9. Kajita, H., Furuno, T., Imamura, Y. (2004). The modification of wood by treatment with low molecular weight phenol-formaldehyde resin: a properties enhancement with neutralized phenolic-resin and resin penetration into wood cell walls. *Wood Science and Technology*, 37 (5), 349–361. doi: <http://doi.org/10.1007/s00226-003-0176-6>
10. Shams, M. I., Yano, H., Endou, K. (2004). Compressive deformation of wood impregnated with low molecular weight phenol formaldehyde (PF) resin I: effects of pressing pressure and pressure holding. *Journal of Wood Science*, 50 (4), 337–342. doi: <http://doi.org/10.1007/s10086-003-0570-6>
11. Ulvcróna, T., Lindberg, H., Bergsten, U. (2005). Impregnation of Norway spruce (*Picea abies* L. Karst.) wood by hydrophobic oil and dispersion patterns in different tissues. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 79 (1), 123–134. doi: <http://doi.org/10.1093/forestry/cpi064>
12. Temiz, A., Alfredsen, G., Eikenes, M., Terziev, N. (2008). Decay resistance of wood treated with boric acid and tall oil derivatives. *Bioresource Technology*, 99 (7), 2102–2106. doi: <http://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.08.052>
13. Akhnazarova, S. L., Kafarov, V. V. (1985). *Metody optimizacii v khimicheskoi tekhnologii*. Moscow: Vysshaya shkola, 327.