

Б. М. Перетятко, О. А. Гаврилко, Б. О. Білінський
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра будівельних конструкцій та мостів

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ ПРОСОЧЕННЯ ДЕРЕВИНИ У АВТОКЛАВНИХ ПЕЧАХ

© Перетятко Б. М., Гаврилко О. А., Білінський Б. О., 2019

Однією з пріоритетних задач для дослідників будівельних конструкцій є забезпечення пожежної безпеки сучасних будівель і споруд, одним з показників якої є забезпечення нормативної межі вогнестійкості будівельних конструкцій. Деревина – один з найстаріших будівельних матеріалів – широко використовується в будівництві до сьогодні. Разом із перевагами як будівельного матеріалу вона має і недоліки. Однією з таких властивостей є її горючість.

Просочування деревини відбувається у автоклавних пічках і передбачає декілька схем (способів) просочування, які розрізняють між собою за послідовністю операцій впливу на деревину підвищеного та пониженого тисків просочувальної рідини та повітря. Тобто, чергуючи послідовність змін рівня тиску і температури та тривалості цих операцій, керують операціями просочування відповідно до вимог якості просочення.

Розкрито методи випробування деревини різними способами, описано методику просочення та показано схеми установок для просочення деревини різними способами.

Ключові слова: деревина, вогнезахист, вогнестійкість деревини, автоклавне просочення.

B. M. Peretyatko, A. A. Havrylko, B. O. Bilinskiy
Lviv Polytechnic National University,
Department of building construction and bridges

ANALYSIS OF FLOWSHEETS OF KYANIZING IS IN AUTOCLAVE STOVES

© Peretyatko B. M., Havrylko A. A., Bilinskiy B. O., 2019

One of the priority tasks for building designers is to provide fire safety of modern buildings and structures, one of the indicators of which is to provide the normative limit of fire resistance of building structures. Wood – one of the oldest building materials – is widely used in construction until today. Together with the positive properties as building material, it has both negative. One of these properties is its flammability.

The impregnation of wood takes place in autoclave ovens and contains several impregnation schemes that distinguish among themselves the sequence of operations affecting wood with increased and reduced pressure of impregnating fluid and air. That is, alternating the sequence of changes in the level of pressure and temperature and the duration of these operations, they control the impregnation operations in accordance with the requirements of the quality of impregnation. According to DBN V.1.1-7-2016, wood intended for use in construction should be treated with fire retardants.

For fire protection of wood using fire retardant impregnation, paints, varnishes, tiles, plaster and film coatings. As an independent method of fire protection, it is possible to consider the coating of wooden structures with rigid screens (fireproof sheets, plates, panels). Different ways of fire protection have their advantages and disadvantages. According to the existing differences in their operational properties, they have different applications.

The methods of testing the wood in various ways are described in the work, the method of impregnation is described and the schemes of the installations for wood impregnation are shown in various ways.

Vacuum drying requires sophisticated equipment. But such drying can only be justified if it does not allow for a reduction in strength (for example, for load-bearing building structures and beam bars). Therefore, such technology is being introduced at enterprises for the production of building constructions.

Key words: are wood, fire protection, fire-resistance of wood, autoclave impregnation.

Вступ. Деревина – один з найстаріших будівельних матеріалів – широко використовується в будівництві до сьогодні. Разом з перевагами як будівельного матеріалу вона має і недоліки. Однією з таких властивостей є її горючість. Відповідно до ДБН В.1.1-7-2016 деревину, призначену для використання в будівництві у вигляді будівельних конструкцій, необхідно обробляти вогнезахисними засобами [2, 5].

Найефективнішими засобами вогнезахисту деревини є вогнезахисне просочення, покриття, що спучуються. У науково-дослідних роботах на кафедрі БКМ Львівської політехніки досліджують види і ефективність вогнезахисного просочення, обробку покриттями, які спучуються і утворені вогнезахисними засобами, найпоширенішими в Україні, за різних температурних режимів. Встановлено, що просочування деревини, що відбувається у автоклавних пічках, передбачає декілька схем (способів) просочування, які відрізняються між собою послідовністю операцій впливу на деревину підвищеного та пониженого тисків просочувальної рідини та повітря. Тобто, чергуючи послідовність змін рівня тиску і температури та тривалості цих операцій, керують операціями просочування відповідно до вимог якості просочення [1, 2].

Огляд наукових джерел і публікацій. Питаннями вогнезахисту будівельних конструкцій займалися такі автори, як Б. Г. Демчина, І. О. Харченко, Ю. В. Цапко, С. В. Новак, П. Г. Круковський, В. М. Жартовський, Т. М. Шналь, В. В. Ковалишин, А. А. Чернуха та ін. [1, 5].

Для вогнезахисту деревини використовують вогнезахисне просочення, фарби, лаки, обмазки, штукатурки і плівкові покриття. Як самостійний спосіб вогнезахисту можна розглядати покриття дерев'яних конструкцій жорсткими екранами (вогнестійкими листами, плитами, панелями). Різні способи вогнезахисту мають свої переваги і недоліки. Відповідно до існуючих відмінностей в експлуатаційних властивостях вони мають різні галузі застосування [3].

У вогнезахисних засобах деревини реалізуються один або кілька механізмів вогнезахисту: теплоізоляція, теплопоглинання, інгібування процесу горіння в газовій фазі, розбавлення горючих продуктів термодеструкції і зміна механізму термодеструкції деревини.

Основними типами вогнезахисних засобів для деревини є: просочувальні засоби, лаки, фарби, обмазки, штукатурки, рулонні і листові облицювання (рис. 1).

Покриття на основі неорганічних речовин – негорючі і нетоксичні, мають меншу вартість. Недоліками мінеральних вогнезахисних складів можна вважати їхні низькі декоративні властивості, невелику механічну міцність, малий термін експлуатації і нестійкість до впливу вологи. Ще одним недоліком неорганічних фарб є їхня велика витрата порівняно з органічними фарбами для досягнення однакового рівня вогнезахисної ефективності.

Найефективнішими засобами вогнезахисту деревини для виготовлення будівельних конструкцій є просочення деревини в автоклавних печах.

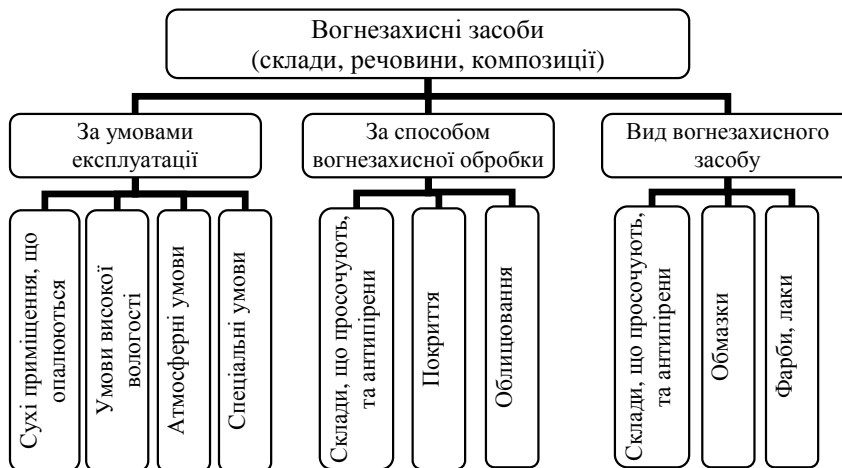


Рис. 1. Класифікація вогнезахисних засобів (речовин, складів)

Мета та завдання дослідження полягає в проведенні аналізу технологічних схем просочення деревини в автоклавних печах для виготовлення будівельних конструкцій.

Об’єкт дослідження – вогнезахист деревини.

Предмет дослідження – вогнезахист деревини за допомогою її просочення в автоклавних печах для подальшого виготовлення будівельних конструкцій.

Теоретичні дослідження. Сьогодні найпоширеніші такі технологічні схеми автоклавного просочування деревини:

- а) “вакуум – тиск – вакуум” (далі – скорочено ВТВ);
- б) “тиск – тиск – вакуум” (далі – ТТВ);
- в) “вакуум – атмосферний тиск – вакуум” (далі – ВАТВ);
- г) “тиск м вакуум” (далі – ТВ);
- д) автоклавно-дифузійне просочування;
- е) суміщене (поєднане) сушіння – просочування.

Під час процесу ВТВ (рис. 2, а), який ще називають способом повного поглинання або способом Бетела, виконують такі операції (після завантаження автоклава деревиною): 1 – створення повітряного вакууму; 2 – витримка деревини у вакуумі; 3 – заповнення автоклава розчином антисептика; 4 – створення рідинного тиску; 5 – витримка деревини в рідині під тиском; 6 – скидання тиску до величини атмосферного тиску; 7 – зливання розчину антисептика із автоклава; 8 – створення повітряного вакууму; 9 – витримка у вакуумі; 10 – підвищення тиску до атмосферного (скидання вакууму) та розвантаження деревини із автоклава.

Просочування деревини відбувається під час витримки її під тиском. Початковий вакуум сприяє підвищенню глибини просочення і збільшенню поглинання деревиною розчину антисептика завдяки тому, що у стані вакууму із порожніх клітин деревини видаляється повітря, яке перешкоджає руху ХЗЗ. Повторний вакуум використовують для підсушування поверхні сортиментів деревини.

Цей спосіб (ВТВ) застосовують переважно для просочування деревини водорозчинними речовинами. Іноді його використовують для досягнення високого поглинання олійних антисептиків. Він є також основним під час просочування антисептиками, котрі необхідно вводити в деревину у великій кількості (загальне поглинання 50–80 кг сухої речовини на 1 м³ деревини).

Глибину поглинання для цього способу регламентують властивостями просочуваної деревини та режимами процесу: глибиною вакууму – 0,08–0,0085 МПа (600 мм рт. ст.), тиском розчину антисептика – 0,6–1,5 МПа (6–15 бар), тривалістю витримки під вакуумом – 0,25–0,35 год, під тиском – 0,5–0,8 год, температурою розчину ХЗЗ – 20–60°C, олій – 85–95 °C [6].

Спосіб ТТВ (спосіб обмеженого поглинання) містить такі технологічні операції: 1 – завантаження автоклава та створення в ньому повітряного тиску; 2 – витримка деревини під тиском; 3 – заповнення автоклава розчином ХЗЗ; 4 – піднімання рідинного тиску в автоклаві; 5 – витримка деревини в рідині під тиском; 6 – вирівнювання тиску до атмосферного (скидання тиску); 7 – зливання розчину антисептика; 8 – створення вакууму; 9 – витримка під вакуумом; 10 – скидання вакууму та розвантаження автоклава (рис. 2, б).

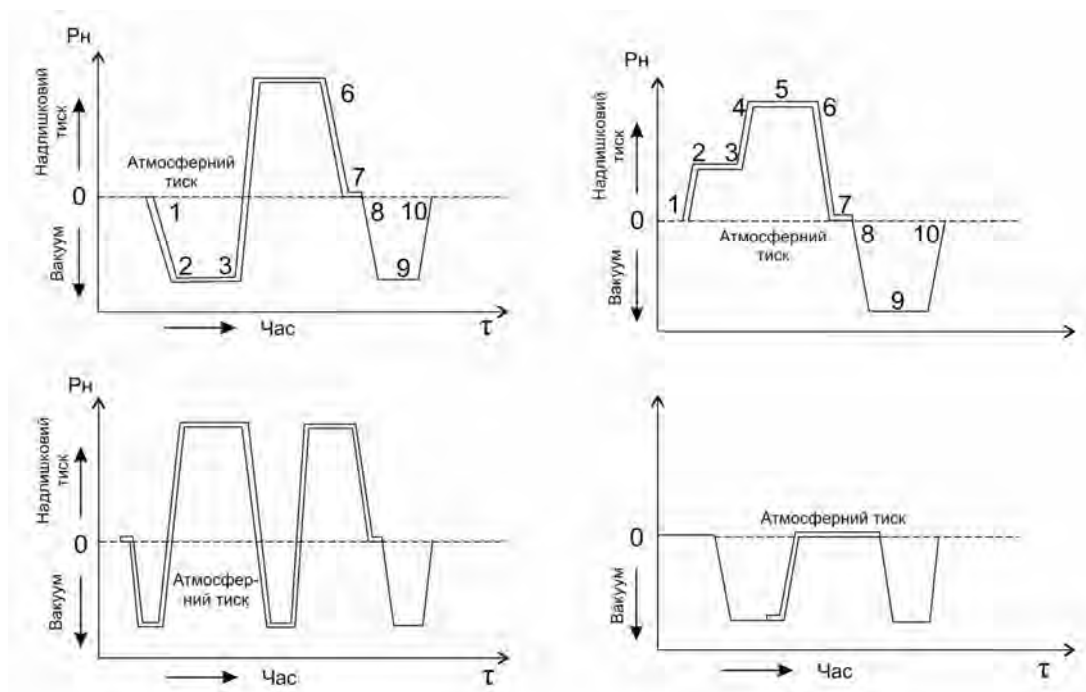


Рис. 2. Графічні залежності тиску для різних способів просочення:
 а – спосіб ВТВ; б – спосіб ТТВ; в – спосіб у лабораторіях
 пожежно-технічного спрямування; г – вакуумний ВАТВ-спосіб

Особливістю процесу витримки деревини під надлишковим повітряним тиском (наприклад, для просочування соснових шпал тиск становить 0,20–0,40 МПа тривалістю 0,25 год) до моменту заповнення автоклава розчином ХЗЗ, за якою в порожнини клітин вводять додаткове повітря.

У кінці процесу просочування (під час витримки деревини під вакуумом) стиснене в деревині повітря виходить назовні, виштовхуючи одночасно й частину поглиненого антисептика. Зазначимо, що спосіб ТТВ застосовують у випадку використання високотоксичних антисептиків (олій, розчинів пентахлорфенолу та нафтенату міді), коли немає необхідності мати в деревині надлишок ХЗЗ. Перевага цього способу – економія просочувальних речовин.

Способи ВТВ і ТТВ використовують для консервування сухих та підсушених ($W > W_{гт}$) сортиментів і забезпечують наскрізне просочення легкопроникної деревини (берези, заболоні сосни). Своєю чергою, для важкопросочувальної деревини (ялини та ядра сосни) глибина просочення не перевищує й 5 мм, що потребує попереднього наколювання. Крім наколювання, для збільшення глибини просочення важкопросочувальної деревини застосовують 2–3-разове повторення циклів ВТВ, ТТВ, тобто багатоциклічність способів.

Зауважимо, що технологічних варіантів багатоциклічних операцій просочування є дуже багато. Це насамперед спосіб “мокрого вакууму” (рис. 2, в), який розроблено в НУЦЗУ.

Метод ТТВ базується на використанні вакууму, який створюють в автоклаві, що заповнений антисептичною рідиною (рис. 2, в). Наприклад, під час просочування деревини водорозчинним препаратом ХМФ (хромоміднофтористим) глибина “мокрого” вакууму становить 0,09 МПа (0,9 бар), “сухого” вакууму – 0,08 МПа тривалість витримки у вакуумі – 45 хв (3 рази по 15 хв), величина рідинного надлишкового тиску – 1,1 МПа, тривалість першої витримки під тиском 60 хв,

другої – 30 хв. Температуру розчину антисептика ($\approx 40\text{ }^{\circ}\text{C}$) підтримують на рівні точки його кипіння у вакуумі. За цих умов глибина просочення збільшується в 1,5 разу (в ядровій зоні сортименту) порівняно з іншими багатоцикловими способами та удвічі порівняно із способом ВТВ [6].

Спосіб тиск-вакуум ТВ (спосіб напівобмеженого поглинання або спосіб Лаурі) полягає у введенні просочувальної рідини у деревину під надлишковим тиском, а після зливання розчину антисептика деревину витримують у вакуумі. Цей метод рекомендують для просочування оліями, коли необхідно досягти високого поглинання за глибокого просочення, але менше ніж при ВТВ.

Спосіб ВАТВ (його ще називають вакуумним) полягає у використанні автоклавів або герметичних резервуарів спрощених конструкцій, не розрахованих на високий тиск, а цикл містить: вакуум – атмосферний тиск – вакуум (рис. 2, з). Вводять просочувальну речовину до деревини за дії атмосферного тиску, який є надлишковим відносно тиску в середині деревини.

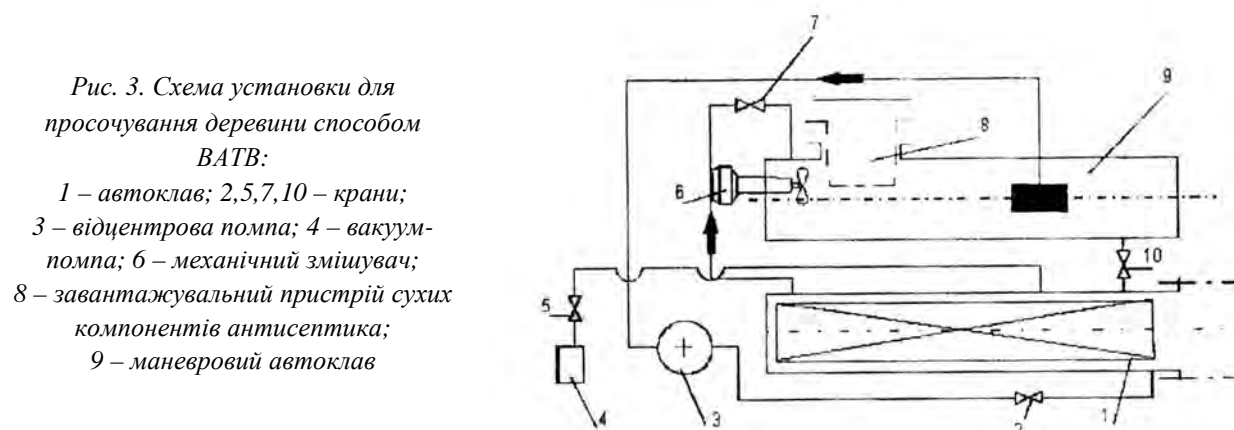
Спочатку деревину в автоклаві витримують 15–20 хв під вакуумом глибиною 0,08–0,09 МПа. Потім автоклав заповнюють просочувальною рідиною і вакуум скидають (тиск вирівнюють до атмосферного). Саме просочування відбувається протягом 30–60 хв за дії атмосферного тиску, який є надлишковим відносно тиску в самій деревині. Після цього автоклав звільняють від розчину антисептика і знову створюють в ньому короткочасний вакуум для підсушування поверхні сортиментів. Зауважимо, що метод ВАТВ застосовують у випадках, коли необхідно ввести у деревину обмежену кількість просочувальної рідини (антисептика) на невелику глибину (по заболоні – на 5–10 мм, по ядру 1–2 мм).

Відзначимо, що спосіб ВАТВ є порівняно новий, і його використовують для консервування сухих деталей, які не потребують великої глибини просочення. Однією із важливих переваг цього способу є те, що при використанні водорозчинних ХЗЗ проводять (за рахунок поєднання) суміщене просочування та післяпросочувальне сушіння, а при використанні органічнорозчинних (наприклад, на основі ПХВ і НМ) необхідно витягувати розчинник для подальшого використання.

Технологічна схема ВАТВ виглядає так:

- 1) завантаження деревини в автоклав і створення вакууму (0,015–0,08 МПа, що відповідає 560–600 мм рт. ст.) на 10–15 хв;
- 2) не знижуючи вакууму, заповнюють автоклав просочувальною рідиною; потім вакуум вирівнюють до атмосферного тиску і витримують за цього тиску протягом 10–15 хв;
- 3) із автоклава видаляють розчин антисептика та створюють в автоклаві осушувальний вакуум глибиною 0,08 МПа, тривалістю 10–15 хв;
- 4) до автоклава подають водяну пару (під тиском 0,20–0,30 МПа), протягом 20–40 хв. Прогрівують деревину і знову створюють вакуум (глибиною 0,08 МПа) на 20–40 хв, протягом яких деревину висушують до величини просочувальної вологості завдяки акумульованому у ній теплу.

Схему установки для просочування деревини способом ВАТВ показано на рис. 3.



На рис. 4 показано схеми установок для просочування деревини способом ВТВ (рис. 4, а) і просочування деревини антисептичними оліями будь-якими із перших трьох розглянутих вище способів (рис. 4, б).

Під час просочування сирової деревини класичні способи не дають задовільних результатів. У цьому випадку застосовують автоклавно-дифузійне просочування та суміщене сушіння-просочування.

Автоклавно-дифузійне просочування використовують для просочування сирової деревини, коли $W > W_{gr}$. При цьому сиру деревину завантажують в автоклав і нагрівають у середовищі насиченої пари, після чого створюють короткочасний вакуум (при $W_{поч} < 80\%$, пропарювання та вакуум необов'язкові). При витримці у вакуумі вологість поверхневих зон деревних сортиментів знижується на 20–30%. Потім заповнюють автоклав концентрованим водним розчином легкодифундувального антисептика (ХМ-11, ХМФ та ін.) і дають надлишковий рідинний тиск, за дії якого розчин просочувального антисептика вводять на глибину 5–10 мм поверхневої підсушеної зони. Після зняття тиску, тобто вирівнювання його до атмосферного тиску та зливання розчину, деревину вивантажують із автоклава і витримують її на складі (протягом 2–4 тижнів), запобігаючи висиханню деревини. Протягом витримки деревини внаслідок дифузії відбувається просочування внутрішніх шарів матеріалу (деревинних сортиментів). Іноді можна після просочування деревини антисептиком провести додатково поверхневе просочування гідроізоляційною сумішшю (деревину в цьому випадку відправляють замовнику без витримки) [6].

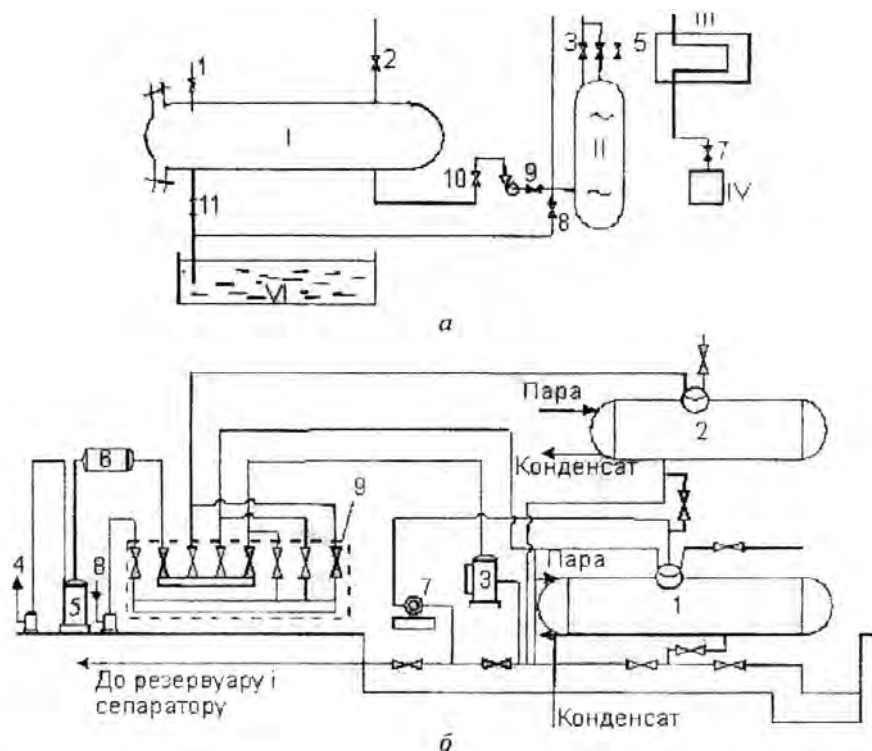


Рис. 4. Схеми автоклавного просочування: а – способом ВТВ:
 I – просочувальний автоклав; II – мірник (дозувальник); III – конденсатор;
 IV – вакуум-помпа; 1-9 – крани; б – для просочування антисептичними оліями:
 I – просочувальний автоклав; 2 – маневровий автоклав; 3 – мірник; 4 – вакуум-помпа;
 5 – ресивер; 6 – конденсатор; 7 – рідинна помпа; 8 – компресор; 9 – щит керування

Зауважимо, що автоклавно-дифузійним способом просочують переважно круглі лісоматеріали (стовпи), які використовують для виготовлення будівельних конструкцій.

Суміщене сушіння-просочування використовують для просочування деревини оліями або розчинами антисептиків в органічних розчинниках, які є гідрофобними рідинами і здатні виконувати роль сушильного агента.

Автоклав після завантаження деревних сортиментів заповнюють просочувальною олією за температури 95–98 °С і підтримують цю температуру, водночас в автоклаві є вакуум. У зв'язку з тим, що при тиску, нижчому за атмосферний, температура кипіння води стає нижчою за 100 °С (при вакуумі 550 мм рт. ст., наприклад, температура кипіння становить 65 °С), в автоклаві відбувається типовий високотемпературний процес сушіння у гідрофобній рідині. Пара, що виділяється із деревини, збирається у верхній (вільній від розчину антисептика) частині автоклава і відсмоктується із нього вакуум-насосом (тривалість сушіння при цьому 8–20 год залежно від умов в автоклаві).

Зазначимо, що попередньо сушити деревину можна, використовуючи рідкий гідрофобний сушильний агент (наприклад, петролатум), який відрізняється за своїми властивостями від просочувальної олії. У цьому випадку сушіння та просочування виконують на різних установках як два самостійні процеси. Такий спосіб сушіння-просочування є менш економічним.

У випадку поєднаного сушіння-просочування, коли тиск в автоклаві дорівнює атмосферному, а оптимальна температура становить 120–130 °С, цей спосіб є простішим і економічнішим. Але вплив такої високої температури призводить до зменшення експлуатаційних характеристик деревини за дії температури.

Вакуумне сушіння потребує складного обладнання. Але таке сушіння може бути виправданим тільки у тому випадку, коли не допускають зменшення міцності (наприклад, для несучих будівельних конструкцій і перевідних брусів). Тому таку технологію впроваджують на підприємствах з виробництва будівельних конструкцій.

Висновки.

1. Аналіз сучасних технологічних схем просочення деревини в автоклавних печах для виготовлення будівельних конструкцій підтверджує покращення показників їх вогнестійкості.
2. Зі усіх варіантів випадок поєднаного сушіння-просочування є доцільним і дає змогу покращити вогнестійкі властивості дерев'яних будівельних конструкцій.

1. Чернуха А. А. *Изучение влияния огнезащиты на поведение древесины в условиях пожара* / А. А. Чернуха, А. Д. Кириченко / *Об'єднання теорії та практики – залог підвищення боєздатності оперативно-рятувальних підрозділів: матеріали науково-технічної конференції* / Національний університет цивільного захисту України. – Х., 2008. – С. 186–187. 2. Кречетов І. В. *Сушка и защита древесины*. – М.: Лесн. пром-сть, 1975. – 400 с. 3. Озарків І. М., Сорока Л. Я., Грицюк Ю. І. *Основи аеродинаміки і тепломасообміну: навч. посіб.* – К.: ІЗІН, 1997. – 280 с. 4. *Вакуумне сушіння деревини* / Білей П. В., Озарків І. М., Губер Ю. М., Павлюст В. М., Копинець З. П. – Львів: РВВ НЛТУ України, 2006. – 72 с. 5. ДБН В.1.1-7:2016 *Пожежна безпека об'єктів будівництва*. [Чинний від 2017-06-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2017. – 47 с. 6. ДСТУ 20022.0-93 *Захист деревини. Параметри захищеності*. – К.: Бюро зі стандартів, 2001. – 49 с.

References

1. Cernukha A. A. and Kiricenko A. D. (2008), „Study of influence of огнезащиты on behavior of wood in the conditions of fire”, Association of theory and practice – basis of increase of battle-worthiness of operatively-rescue subdivisions: materials of scientific and technical conference, The National university of civil defence of Ukraine, Kharkiv, pp. 186–187. 2. Krecetov I. V. (1975) *Drying and defence of wood*. Moscow: Forest industry. 3. Ozarksv I. M., Soroka L. Y., Gritsyik Y. I. (1997) *Fundamentals of aerodynamics and heat-mass transfer: Tutorial*, Kyiv: IZYN. 4. Bilej P. V., Guber Y. M., Kopunets Z. P., Ozarksv I. M., Pavlust V. M. (2006) *Vacuum drying of wood*. Lviv: LNWTU/ 5. *Fire safety of building objects*. (2017) *DBN V.1.1-7:2016*. from 1st June 2017. Kiev: *Building norms of Ukraine [in Ukrainian]*. 6. *Defences of wood. Parameters of security*. (2001) *DSTU 20022.0-93*. Kyiv: *Bureau from standards*.