

Табл. 2. Статистична характеристика будови прямоволокнистої та хвилясто-завилькуватої деревини ясеня звичайного

Показник		N, шт.	min	M ^{±m}	max	V, %	P, %
d _{суд.}	рання деревина	100*	72	154 ^{±6,19}	338	40,2	4,0
		47**	151	206 ^{±5,08}	281	16,9	2,5
	пізня деревина	100*	15	51 ^{±2,46}	129	48,0	4,8
		47**	39	59 ^{±2,48}	102	29,0	4,2
N _{суд.} в 1мм ²		100*	4,1	8,4 ^{±0,31}	12,3	37,2	3,7
		47**	4,1	9,8 ^{±0,30}	12,3	21,3	3,1
N _{серд. пром.} в 1 мм		100*	3,5	5,4 ^{±0,16}	8,2	30,3	3,0
		47**	4,7	6,7 ^{±0,21}	9,3	21,8	3,2
a _{серц. пром.} /b _{серц. пром.}		100*	2,8	5,2 ^{±0,13}	8,5	24,3	2,4
		251**	1,9	4,3 ^{±0,07}	8,2	24,6	1,6

Результати дослідження анатомічних елементів прямоволокнистої та хвилясто-завилькуватої деревини ясеня звичайного свідчать про збільшення середнього діаметра великих судин ранньої хвилясто-завилькуватої деревини на 25,2 %. Кількість сердцевинних променів в 1 мм менша на 1,3 сердцевинних промені у прямоволокнистої деревини.

Отже, виходячи з аналізу результатів дослідження прямоволокнистої та хвилясто-завилькуватої деревини явора й ясеня звичайного, можна стверджувати про збільшення частки променевої паренхіми у річному прирості хвилясто-завилькуватої деревини, що є її діагностичною особливістю.

Висновки. На підставі отриманих результатів досліджень можна зробити такі висновки: 1) середній діаметр судин хвилясто-завилькуватої деревини явора становить 62^{±0,79} мкм і більший на 12 мкм, ніж у прямоволокнистої деревини; 2) кількість сердцевинних променів в 1 мм більша у хвилясто-завилькуватої деревини явора на 32,3 %, ніж у прямоволокнистої; 3) середній діаметр великих судин хвилясто-завилькуватої деревини ясеня звичайного на 25,2 %, а кількість сердцевинних променів в 1 мм – на 1,3 більша, ніж у прямоволокнистої деревини; 4) відношення висоти до ширини багаторядних широких сердцевинних променів прямоволокнистої деревини явора становить 5,5^{±0,09}, ясеня звичайного 5,2^{±0,13} тоді як хвилясто-завилькуватої 5,7^{±0,08} та 4,3^{±0,07} відповідно.

Література

1. Вінтонів І.С. Деревинознавство : навч. посібн. [для студ. ВНЗ] / І.С. Вінтонів, І.М. Сопушинський, А. Тайшінгер. – Вид. 2-ге, [перероб. та доп.]. – Львів : Вид-во "Апріорі", 2007. – 312 с.
2. Герушинський З.Ю. Типологія лісів Українських Карпат : навч. посібн. [для студ. ВНЗ] / З.Ю. Герушинський. – Львів : Вид-во "Піраміда", 1996. – 208 с.
3. Гольтроф Е.И. Анатомическое строение волнисто-древесных форм ясеня монжурского и ясеня обыкновенного / Е.И. Гольтроф // Строение, свойства и качество древесины: материалы симпозиум координационного совета по современным проблемам лесоведения : матер. научн. конф., 13-17 нояб. 1990 г. – М. : Изд-во "Прогресс", 1990. – С. 119-122.
4. Коровин В.В. Строение стебля древесных растений при аномальном росте : учебн. пособ. [для студ. ВУЗов] / В.В. Коровин, Г.А. Курносов. – М. : Изд-во Моск. госудр. унив., 2004. – 194 с.
5. Курносов Г.А. Структурные аномалии стебля древесных растений и их использование в селекции : дисс. ... д-ра с.-х. наук: спец. 06.03.01 – "Лесные культуры, селекция, семеноводство" / Г.А. Курносов. – М. : Изд-во "Прогресс", 2002. – 299 с.

6. Остапенко Б.Ф. Лісова типологія : навч. посібн. [для студ. ВНЗ] / Б.Ф. Остапенко, В.П. Ткач. – Харків : Вид-во ХДАУ, 2002. – 204 с.
7. Сопушинський І.М. Класифікація та оцінка якості декоративної деревини: клена-явора (*Acer pseudoplatanus* L.), бука (*Fagus sylvatica* L.) та ясеня (*Fraxinus excelsior* L.) / І.М. Сопушинський // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22.2. – С. 106-111.
8. Барбарич А.І. Флора УРСР / А.І. Барбарич, Д.М. Віслюкіна, Д.М. Доброчаєва та ін. / за ред. М.І. Котов, А.І. Барбарич. – К. : Вид-во АН Української РСР. – 1957. – Т. VIII. – 544 с.
9. Яценко-Хмелевский А.А. Основы и методы анатомического исследования древесины / А.А. Яценко-Хмелевский. – М.-Л. : Изд-во АН СССР, 1954. – 337 с.
10. Beiträge zur Esche / Verantwortlich O. Schmidt. – Freising: Baeryrische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 2002. – 94 s.
11. Pliūra A. Common ash (*Fraxinus excelsior* L.): technical guidelines for genetic conservation and use / A. Pliūra, M. Heuertz. – Rome : EUFORGEN, 2003. – 6 p.
12. Wobst J. Variabilität der Faserneigung im Holz der Esche (*Fraxinus excelsior* L.) und Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franko) / J. Wobst, J.V. Oliver-Villanueva, R. Doebel // Holz als Roh- und Werkstoff. – 1994. – Vol. 52. – S. 342-346.

Сопушинский И.Н. Анатомические особенности прямоволокнистой и свилеватой древесины явора (*Acer pseudoplatanus* L.) и ясеня обыкновенного (*Fraxinus excelsior* L.)

Исследованы анатомические особенности прямоволокнистой и свилеватой древесины явора и ясеня обыкновенного, а именно диаметр сосудов, их количество в 1 мм², количество сердцевинных лучей в 1 мм и отношение высоты и ширины широких многорядных сердцевинных лучей. Статистически проанализированы различия строения прямоволокнистой и свилеватой древесины ясеня и явора, а также установлена вариация значений для ее диагностирования.

Ключевые слова: явор, ясень обыкновенный, свилеватая древесина, сосуды, сердцевинные лучи.

Sopushynskyy I.M. Anatomical features of straight- and wavy-grained wood of sycamore (*Acer pseudoplatanus* L.) and European ash (*Fraxinus excelsior* L.)

In the paper has been studied anatomical features straight – and wave-grained wood of sycamore and European ash, namely the diameter of vessels, its number in 1 mm², the number of rays in 1 mm and the ratio of height and width of the multiseriate rays. It has been statistically analyzed the differences straight- and wave-grained wood of sycamore and ash, as well as set the variations for their diagnosis.

Keywords: common ash, sycamore, wavy-grained wood, vessels, rays.

УДК 674-41 Аспір. О.О. Кривик; доц. В.О. Маєвський, канд. техн. наук; ст. викл. С.В. Жмурко, канд. с.-г. наук – НЛТУ України, м. Львів

ПЕРЕДУМОВИ ПОЄДНАННЯ РІЗНИХ ПОРІД ДЕРЕВИНИ У КЛЕЄНИХ ЩИТАХ

Розглянуто передумови поєднання рейок різних порід деревини у клеєних щитах з метою отримання екологічного та естетичного матеріалу із відповідними фізико-механічними та технологічними властивостями. Проаналізовано залежність формостійкості щитів, клеєних з різних порід деревини, від впливу експлуатаційних факторів, зокрема вологості та температури.

Ключові слова: поєднання різних порід деревини, клеєний щит, формостійкість, вологість, моделювання.

Актуальність досліджень. Економічно необґрунтоване користування лісовими ресурсами призводить до явної нестачі деревини для вітчизняної деревообробної промисловості. Якісні вироби з цільної деревини цінних порід користуються великим попитом у населення, але придбати такі вироби може лише його незначна частина, тоді як для решти людей такі вироби є дорогавартісними і зазвичай недоступними. Цей споживчий фактор призводить до значного зменшення кількості потенційних покупців і стає досить значною проблемою для виробників.

Ефективним та дієвим шляхом подолання цієї проблеми є впровадження в технологічний процес виготовлення виробів з деревини операції склеювання, що дає змогу раціонально переробляти низькосортну сировину в якісну продукцію. Склеювання короткомірних відрізків деревини, попередньо у рейки, а потім відповідно у блоки та щити, дає змогу зменшити втрати сировини та збільшити корисний вихід виробів з неї. Така продукція, окрім економії матеріалу, має ще одну цінність – вона не поступається міцністними характеристиками цільній деревині, а за окремими показниками, як-от за формостійкістю, значно перевищує її.

Технологічно обґрунтоване використання склеювання у деревообробному виробництві підсилюється можливістю створення оригінального матеріалу, зокрема клеєних щитів, завдяки підбору у них заготовок за текстурою та забарвленням. Це дає змогу підвищувати привабливість зовнішнього вигляду як самих клеєних щитів, так і готових виробів, виготовлених з них [1].

Теперішній ринок меблевих виробів перенасичений різноманітними полімерними та деревопохідними матеріалами (MDF, OSB, ДСП тощо), які частково витісняють з використання цільну деревину завдяки нижчій вартості, але вони не завжди можуть забезпечити потрібну якість, естетичність та екологічність виробу. Тому у виробництві столярно-меблевих виробів постає питання про створення нового, оригінального, економічно доступного та екологічно чистого матеріалу з належними фізико-механічними та технологічними властивостями.

Для підсилення естетичності клеєних щитів та зменшення їх собівартості без зниження фізико-механічних властивостей запропоновано варіант виготовлення клеєних щитів з поєднанням в одному щиті різних порід деревини [2-4]. Оригінальність запропонованого матеріалу зумовлена поєднанням у клеєних щитах рейок з різних порід деревини, відповідно з різних фізико-механічних властивостей, визначальними з яких у цьому випадку є текстура, колір та блиск. З економічного погляду доцільність виготовлення таких щитів обґрунтовується поєднанням у одному щиті деревини цінних та малоцінних порід, завдяки чому частково знижується їх собівартість. Саме тому виготовлення клеєних щитів з поєднанням різних порід деревини є напрямком перспективним, але потребує більш ґрунтовного дослідження особливостей поєднання рейок різних порід у клеєний щит з урахуванням необхідності дотримання належних фізико-механічних та технологічних властивостей щитів, зокрема їх формостійкості.

Аналіз літературних джерел. Однією з основних визначальних характеристик клеєних щитів, окрім естетичності та економічності, є відповідність певним технологічним параметрам, визначальним з яких є формостійкість. Формостійкість клеєних щитів здебільшого характеризують показниками прямолінійності, площинності та величиною всихання і розбухання, які залежать від впливу експлуатаційних факторів (рис.).

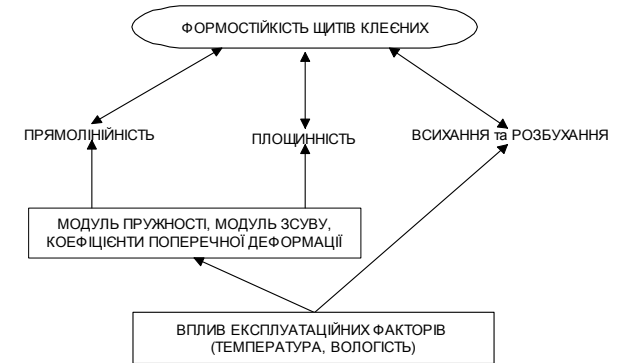


Рис. Залежність формостійкості клеєних щитів від впливу експлуатаційних факторів

Гранично допустимі значення відхилень наведених показників (прямолінійність, площинність, всихання та розбухання) регламентуються чинними нормативними документами, зокрема ГОСТ 6449.3-82 [5]. Формостійкість щитів клеєних з поєднанням різних порід деревини, за умови якісного сушіння деревини і симетричного оброблення заготовок (рейок), здебільшого залежить від геометричних розмірів рейок, з яких склеюють щит (відношення їх ширини до товщини), виду розпилювання заготовок (кута нахилу волокон, напряму волокон), розташування заготовок (рейок) у щиті та їх відповідних фізико-механічних властивостей [6].

Питання ширини склеюваних заготовок (рейок) у спеціалізованій науково-технічній літературі є дискусійним. Думки науковців щодо оптимального відношення ширини рейки до її товщини різняться: для одних науковців це 1,5, а для інших – 2,2; здебільшого для забезпечення формостійкості щитів їх виготовляють із рейок шириною від 15 до 70 мм [7, 8]. Однак для забезпечення належної формостійкості щитів, клеєних з різних порід деревини, потрібно керуватися не лише геометричними параметрами склеюваних рейок, але й чітко дотримуватися жорстких правил щодо орієнтації заготовок (рейок) з урахуванням напряму волокон і кута їх нахилу.

Деревина матеріал анізотропний, що зумовлено різницею між її властивостями залежно від напряму волокон та місця розміщення заготовки (рейки) у стовбурі дерева [9]. Здебільшого наявність у заготовках пружних деформацій, які чисельно описуються модулем пружності, модулем зсуву та коефіцієнтами поперечної деформації, та їх відмінність у кожній зі склеюваних рейок, призводить до недотримання формостійкості щита, склеєного з різних порід деревини.

Одним із визначальних чинників, від якого залежить напружено-деформівний стан клеєного щита, є волога. Нерівномірне поглинання вологи рейками різних порід деревини може призвести до появи надлишкових внутрішніх напружень у них та, відповідно, до зміни їх формостійкості. За збільшення вологості рейки її модуль пружності зменшиться [10]. Різниця між вологістю кожної рейки в щиті та незбалансований розподіл їх модулів пружності по площині щита неминує призведе до збільшення напружено-деформівного стану щита і, як наслідок, до зниження його формостійкості, що в кінцевому підсумку є причиною виготовлення неякісних виробів.

На цей час процес моделювання різних технологічних процесів та об'єктів має досить широке застосування у виробничій сфері. Відповідно, деревооброблювальна галузь не є винятком, у ній моделювання використовують для створення моделей та процесів оброблювання деревини чи прогнозування стану деревини під час цих процесів, що сприятиме економії деревинних ресурсів, зменшенню затрат часу та підвищенню якості продукції. Моделювання напружено-деформівного стану, який визначає формостійкість щита, клеєного з однієї породи деревини методом кінцевих елементів, дає змогу отримати візуальне відтворення прогнозованої форми щита з попередньо визначеними характеристиками (порода, вологість, модуль пружності, модуль зсуву, коефіцієнти поперечної деформації) [6]. Здебільшого, параметри деревини однієї породи, які потрібно задавати для моделювання наведеного процесу, можна знайти у спеціалізованій науково-технічній літературі [11-13]. Однак, такі дані є узагальненими та не можуть адекватно використовуватися за інших умов, а питання відтворення реальних даних для моделювання напружено-деформівного стану щитів, зокрема, клеєних з різних порід деревини, потребує застосування інших методів визначення потрібних характеристик кожної рейки щита.

Стандартні методи, які використовують для визначення пружних характеристик деревини (розрахунковий, контактний), є трудомісткими та затратними. Тому, задля економії матеріалу та більш точного визначення пружних властивостей деревини, доцільно використовувати неруйнівні методи вимірювання фізико-механічних властивостей деревини, зокрема, за допомогою резонансного методу (імпульсний ультразвуковий метод), реалізацію якого можна передбачити безпосередньо у технологічному процесі [14-16].

Використання методу кінцевих елементів для моделювання напружено-деформівного стану щита клеєного з рейок однієї породи деревини [6] засвідчило свою ефективність та може бути застосоване для прогнозування формостійкості щитів клеєних з поєднанням різних порід деревини, залежно від схеми добору рейок у щит.

Поєднання різних порід деревини у клеєний елемент є малодослідженою проблемою, зокрема у роботі [17] розглянуто особливості виробництва клеєних брусів, окремі результати якого доцільно використати для дослідження клеєних щитів з поєднанням різних порід деревини. Автор вважає, що сортування заготовок за модулем пружності у виробництві дерев'яних клеєних конструкцій є ефективним способом раціонального використання деревини. За умови поєднання різних порід деревини у клеєному брусі заготовки з

найбільшими модулями пружності варто розміщувати в крайніх зонах, тоді як ближче до середини, можна розташовувати деревину з меншим модулем пружності. Економія матеріалу у такому випадку може становити 20-30 %.

Результати аналізу спеціалізованої науково-технічної літератури засвідчили, що питання поєднання різних порід деревини у клеєних елементах є маловивченим та потребує більш ґрунтовних досліджень.

Постановка проблеми. Для встановлення фізико-механічних та технологічних властивостей, зокрема формостійкості клеєних щитів з поєднанням різних порід деревини, проведено попередні експериментальні дослідження. Дослідження проводили на експериментальних зрізках щитів ($D \times Ш \times T \rightarrow 300 \times 200 \times 18$), склеєних за певними, попередньо визначеними, схемами з поєднанням двох-трьох порід деревини [2, 3]. Щити піддавали впливу агресивного середовища, що відповідно призводило до періодичної зміни вологості всього щита та кожної рейки зокрема. Результати попередніх експериментальних досліджень засвідчили, що за правильного підбору рейок різних порід деревини у щиті, значення відхилення від показника площинності даних щитів, яким оцінюється формостійкість, знаходяться у допустимих межах.

Попередні експериментальні дослідження проводили на заздалегідь неопоряджених зрізках, що дало змогу підсилити вплив агресивного середовища на щити та інтенсифікувати процес дослідження [2, 3].

Для урахування реальних виробничих та експлуатаційних вимог, зокрема розмірів елементів виробів, експериментальні зрізці доцільно виготовляти більших геометричних розмірів, а для зниження впливу вологісно-температурних умов на формостійкість клеєних щитів необхідно здійснити опорядження експериментальних зрізків захисними лакофарбовими матеріалами з метою закриття пор деревини і, відповідно, зменшення частки вологи, яка буде вбиратися матеріалом.

Висновки:

1. Щити клеєні з поєднанням різних порід деревини – це матеріал, який завдяки поєднанню текстурного рисунку та кольорової гами різних порід у одному щиті, володіє чудовими естетичними характеристиками, а за умови правильного підбору рейок – належними фізико-механічними та технологічними властивостями, що дає змогу використовувати його як оригінальний матеріал для втілення дизайнерських ідей у конструюванні столярно-меблевих виробів.
2. Аналіз спеціалізованої науково-технічної літератури засвідчив, що питання поєднання різних порід деревини у щити є маловивченим та потребує більш ґрунтовних досліджень, а виготовлення таких клеєних щитів є перспективним напрямом розвитку у деревообробній промисловості.

Література

1. Соболев Ю.С. Древесина как конструкционный материал / Ю.С. Соболев. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1979. – 6 с.
2. Кривик О.О. Динаміка зміни формостійкості щитів клеєних з поєднанням різних порід деревини / О.О. Кривик, В.О. Маєвський // Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість : міжвідомч. наук.-техн. зб. – Львів : Вид-во УкрДІТУ. – 2011. – Вип. 37.1. – С. 30-33.

3. Кривик О.О. Особливості поєднання різних порід деревини у клеєний щит із збереженням формостійкості: магістерська робота / О.О. Кривик. – Львів, 2009. – 140 с.

4. Кривик О.О. Влияние эксплуатационных условий на формоустойчивость щита клееного из разных пород древесины / О.О. Кривик, В.О. Маевский // Лесной и химический комплекс – проблемы и решения. – Красноярск : Изд-во Сибирского ГТУ. – 2011. – Т. 1. – С. 103-106.

5. Изделия из древесины и древесных материалов. Допуски формы и расположения поверхностей: ГОСТ 6449.3-82. – [Изменение № 1 к ГОСТ 6449.3-82 от 01.07.1988]. – М. : Изд-во стандартов, 1982.

6. Пардаев А.С. Обеспечение формоустойчивости неоднородных массивов древесины с учетом цилиндрической анизотропии их элементов при усушке и разбухании : дис. ... канд. техн. наук: спец. – 05.21.05 / Пардаев Александр Сергеевич. – Минск, 2008. – 20 с.

7. Маевський В.О. Дослідження формостійкості клеєних щитів з масивної деревини дуба. / В.О. Маевський, Ю.В. Бенях // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2011. – Вип. 15.5. – С. 199-208.

8. Войтович І.Г. Основи технології виробів з деревини / І.Г. Войтович. – Львів : Вид-во "Інтелект-Захід", 2004. – 142 с.

9. Ашкенази Е.К. Анизотропия древесины и древесных материалов / Е.К. Ашкенази. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1978. – 24 с.

10. Леонтьев Н.Л. Влияние влажности на физико-механические свойства древесины / Н.Л. Леонтьев. – М. : Изд-во Гослесбумиздат, 1962. – 79 с.

11. Перельгин Л.М. Древесиноведение / Л.М. Перельгин, Б.Н. Уголев. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1971. – 106 с.

12. Боровиков А.М. Справочник по древесине / А.М. Боровиков, Б.Н. Уголев. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1989. – 258 с.

13. Вінтонів І.С. Деревинаознавство : навч. посібн. – Вид. 2-ге, [перероб. та доп.] / І.С. Вінтонів, І.М. Сопушинський, А. Тайшінгер. – Львів : Вид-во "Апріорі", 2007. – 269 с.

14. Соколовський Я.І. Дослідження теплофізичних і пружних властивостей деревини ультразвуковим методом / Я.І. Соколовський, В.О. Сафаров, О.Л. Сторожук // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2005. – Вип. 15.4. – С. 124-133.

15. Сторожук О.Л. Дослідження впливу фізичних характеристик деревини на швидкість поширення ультразвукових хвиль / О.Л. Сторожук, Я.І. Соколовський // Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість : міжвідомч. наук.-техн. зб. – Львів : Вид-во УкрДЛТУ. – 2011. – Вип. 37.1.

16. Древесина. Резонансный метод определения модулей упругости и сдвига и декремента колебаний. ГОСТ 16483.31-74. – [Изменение 1, 2, утвержденные январем 1980 г., июнем 1985 г.]. – М. : ИПК Изд-во стандартов, 1999.

17. Вольинский Н.В. Взаимосвязь и изменчивость физико-механических свойств древесины / Н.В. Вольинский. – Архангельск : Изд-во АГТУ, 2000. – 135 с.

Кривик О.О., Маевский В.О., Жмурко С.В. Предпосылки сочетания разных пород древесины в клееных щитах

Рассмотрены предпосылки сочетания реек разных пород древесины в клееных щитах с целью получения экологического и эстетического материала с соответствующими физико-механическими и технологическими свойствами. Проанализировано зависимость формоустойчивости щитов, клееных из разных пород древесины, от влияния эксплуатационных факторов, в частности влажности и температуры.

Ключевые слова: сочетание разных пород древесины, клееный щит, формоустойчивость, влажность, моделирование.

Kryvyk O.O., Mayevskyy V.O., Zhmurko S.V. Prerequisites for combination of different wood species in glued boards

The prerequisites for combination of blanks of different wood species in glued boards were considered. This study can allow to receive the ecological and aesthetic wood with appropriate physical, mechanical and technological properties. Dependence of shape stability for boards glued from different species of wood under the influence of working conditions (humidity and temperature) was analyzed.

Keywords: combination of different wood species, glued board, shape stability, humidity, simulation.

УДК 622.692.4

Гол. інж. С.Ф. Савула¹, канд. техн. наук;
проф. Є.В. Харченко², д-р техн. наук; аспір. Р.С. Савула²

СТРУКТУРНІ ЗМІНИ В СТАЛЯХ МАГІСТРАЛЬНИХ ТРУБОПРОВІДІВ У ПРОЦЕСІ СТАРІННЯ

Розглянуто структурні зміни, які відбуваються в сталях магістральних газопроводів у процесі тривалої експлуатації. Досліджено структуру і хімічний склад трубних сталей, виявлено перерозподіл атомів вуглецю за об'ємами зерен, а також дифузю атомів хімічних елементів з газового середовища в сталь. Одержані результати мають практичне значення і можуть бути використані з метою забезпечення надійності і прогнозування ресурсу магістральних газопроводів.

Ключові слова: магістральний газопровід, процес тривалої експлуатації, сталь, структурні зміни.

1. Вступ. Значна частина труб магістральних газопроводів (МГ) в Україні експлуатується тривалий час (з 60-х і більш ранніх років) в умовах дії механічних навантажень і корозійного середовища. Протягом такого періоду в сталях труб МГ розвиваються процеси старіння, кінетика яких залежить від хімічного складу, структурних параметрів матеріалу, температури експлуатації, рівня напружень у стінці труби, хімічного складу транспортованого газу. Тому забезпечення надійності і прогнозування технічного стану труб МГ має надзвичайно велике практичне значення. Особливо важливим науково-практичним завданням є всебічне вивчення структурних змін, що відбуваються в сталях у процесі тривалої експлуатації МГ [1-4]. Аналіз та висвітлення особливостей таких змін здійснено у цій праці.

2. Структурні аспекти процесу старіння і його моделі. Як відомо [3], старіння – це фундаментальне явище, пов'язане з переходом структури металів і сплавів з нерівноважного в більш рівноважний стан в умовах достатньої дифузійної рухливості атомів, воно відбувається внаслідок дії другого закону термодинаміки. Процеси старіння матеріалів супроводжуються зміною їхніх механічних, фізичних і хімічних властивостей.

У трубних сталях, особливо в сталях контрольованої прокатки, внаслідок перенасичення граток α -заліза вуглецем, утворюється нерівноважна феритова структура. Це забезпечує високу міцність сталей у стані поставки, але надлишковий вуглець з часом виходить із граток до їхніх дефектів. Якщо перенасичення вуглецем є порівняно невеликим, то весь вуглець може осісти на дислокаціях. У випадку значного перенасичення дислокації не можуть поглинути весь вуглець і він виходить на межі зерен. На рис. 1 показано типове виділення карбідів на межах зерен фериту.

Під час досліджень структури і хімічного складу трубної сталі 17 ГС експлуатованого з 60-х рр. магістрального газопроводу "Дашава – Мінськ" Ду 800 мм на ділянці Комарнівського ЛВУ МГ ми виявили перерозподіл атомів вуглецю по об'ємах зерен (рис. 2).

¹ Філія управління магістральних газопроводів "Львівтрансгаз";

² НУ "Львівська політехніка"