

- радіус пили, мм – 180,7;
- довжина шляху різця в деревині, м – 130;
- частота обертів пили, об./хв – 1380.

Результати дослідження. Радіуси кривизни для різних марок сталей показано на рис. 4-7.

Згідно з даними рисунків, максимальне значення радіуса на дільниці до 30° має різальний елемент із сталі 7ХНМФА, а найменший – із сталі 75Н2А. На дільниці 60° максимальне значення радіуса мають різальні елементи із сталей 80ХН2А і 7ХНМФА, а найменший – із сталі 75Н2А. На дільниці 90° максимальне значення радіуса мають різальні елементи із сталей 9ХФ і 80ХН2А, а найменший – із сталі 7ХНМФА. Вибір марок сталей для різальних елементів проведено за технічними та економічними критеріями (табл. 1).

Табл. 1. Порівняння та вибір марок сталей для різальних елементів

| Альтернативна марка сталі | Критерії технічні | | | Економічні | Зведений індекс технічний | Зведений індекс економічний | Інтегральний показник |
|---------------------------|-------------------|-------|-------|------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| | 30° | 60° | 90° | | | | |
| 9ХФ | 0,059 | 0,027 | 0,029 | 62 000 | 1,00 | 1,00 | 1,000 |
| 80ХН2А | 0,036 | 0,030 | 0,029 | 65 000 | 0,90 | 1,04 | 0,865 |
| 7ХН2МФА | 0,045 | 0,030 | 0,021 | 67 000 | 0,85 | 1,07 | 0,797 |
| 75Н2А | 0,030 | 0,025 | 0,026 | 63 000 | 0,77 | 1,01 | 0,761 |

На основі табл. 1 можна надати пріоритети різним маркам сталей, які наведено в табл. 2.

Табл. 2. Пріоритети марок сталей

| Пріоритет | Альтернативна марка сталі |
|-----------|---------------------------|
| 1 | 9ХФ |
| 2 | 80ХН2А |
| 3 | 7ХН2МФА |
| 4 | 75Н2А |



Рис. 8. Розподіл марок сталей за інтегральним показником

Висновки:

1. З технічного погляду приблизно рівноцінними можна вважати сталі марок 80ХН2А та 75Н2А.
2. З урахуванням узагальненого техніко-економічного параметра перевагу варто віддати сталі марки 9ХФ.

Література

1. Кірик М.Д. Механічне оброблення деревини та деревних матеріалів / М.Д. Кірик. – Львів: Вид-во ТзОВ "Кольорове небо", 2006. – 412 с.
2. Сирко З.С. Модифицированная легированная сталь для изготовления дереворежущих инструментов / З.С. Сирко, В.К. Дьяконов // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – Воронеж, 2015. – № 2, ч. 1. – С. 434-438.
3. Пат. 71771 Україна, МПК С01 В21/04. Спосіб оцінки параметрів профілю ріжучого елемента / В.К. Дьяконов, З.С. Сирко; заявник та власник патенту Національний університет біоресурсів і природокористування України, № u2012 00534, заявл. 17.01.2012; опубл. 25.07.2012, Бюл. № 14.

Надійшла до редакції 01.06.2016 р.

Дьяконов В.К., Сирко З.С., Народицкий А.И. Сравнительные испытания инструментальных сталей для изготовления дереворежущих инструментов

Приведены сравнительные испытания инструментальных сталей 9ХФ, 80ХН2А, 75Н2А, 7ХНМФА при пилении заготовок из древесины. Критерием оценки выбран радиус закругления на разных участках контура затупления. Приведена методика проведения испытаний на специально разработанной экспериментальной установке для исследований процессов пиления древесины и древесных материалов. Приведены результаты испытаний. Показаны графики распределения кривизны и результаты измерений радиуса закругления лезвия резцов из разных марок сталей. Предоставлен технико-экономический анализ для выбора стали, исходя из ее технических и экономических показателей.

Ключевые слова: инструментальная сталь, дереворежущий инструмент, радиус закругления, износостойкость.

Dyakov V.K., Sirko Z.S., Naroditsky A.I., The Comparative Test of Tool Steel for Wood-Cutting Tools

The paper presents the comparative test of tool steel such as 9ХФ, 80ХН2А, 75Н2А, 7ХНМФА while sawing pieces of wood. The criterion for evaluation of selected radius of curvature in different parts of blunting circuit is presented. The technique for making tests using specially designed experimental installation for researching the processes of sawing wood materials is described. The results of testing are given. The schedule and the distribution of curvature measurements of the radius of curvature of the blade cutters of different steel grades are given. Technical and economic analysis for the selection of steel based on its technical and economic indicators is made.

Keywords: tool steel, wood tool tip radius, wear resistance.

УДК 674.047

ВИБІР ОПТИМАЛЬНИХ РЕЖИМІВ ТЕПЛОГО ОБРОБЛЕННЯ ДЕРЕВИНИ ЯК ПІДГОТОВЧОГО ЕТАПУ ПЕРЕД ЇЇ ВОГНЕЗАХИСТОМ

І.П. Кравець¹, А.П. Кушнір², О.В. Шаповалов³

Для якісного просочування деревини вогнезахисними засобами проводять попереднє її теплове оброблення. У цьому дослідженні використано такий вид оброблення, як пропарювання. Дуже важливо, щоб під час попереднього приготування дерев'яних

¹ доц. І.П. Кравець, канд. техн. наук – Львівський ДУ безпеки життєдіяльності;
² доц. А.П. Кушнір, канд. техн. наук – Львівський ДУ безпеки життєдіяльності;
³ доц. О.В. Шаповалов, канд. техн. наук – Львівський ДУ безпеки життєдіяльності

заготовок до вогнезахисту, не втратити природних позитивних якостей деревини. Визначено вплив теплового оброблення на динаміку зміни фізико-механічних властивостей деревини. Внаслідок експериментальних досліджень вибрано оптимальні режими пропарювання, які зберігають якісні фізико-механічні показники, такі як: запобігання втратам деревини під час зберігання та транспортування, вирівнювання забарвлення або надання деревині потрібного кольору, покращення міцності і пластичності, пришвидшення подальшого сушіння.

Ключові слова: вогнезахисні засоби, теплове оброблення, пропарювання, фізико-механічні показники, оптимальні режими.

Постановка проблеми. Деревина та вироби з неї – один із основних видів сировини та товарів народного вжитку. Вона має велике значення в організації побуту, відпочинку та праці. Дотримання відповідних умов зберігання пиломатеріалу приводить до подальшого покращення якості дерев'яних виробів та їх споживчих властивостей, що є важливою передумовою росту благоустрою людини. З року в рік підвищується технічний рівень деревообробних підприємств, впроваджуються нові технологічні процеси, які сприяють підвищенню виробництва та покращенню якості продукції. Але на цих підприємствах, у зв'язку з використанням великої кількості горючого пиломатеріалу, виникає ймовірність зростання пожеж. З метою запобігання пожежам застосовують профілактичні заходи, які підвищують вогнетривкість дерев'яних конструкцій, одним з яких є просочування деревини вогнезахисними засобами [1]. Для якісного проведення цієї операції здійснюють попереднє теплове оброблення деревини [2]. Дуже важливо, щоб під час попереднього приготування дерев'яних заготовок до вогнезахисту, не втратити природних позитивних якостей деревини.

Аналіз останніх досліджень. Теплове оброблення, в основному, позитивно впливає на ті властивості деревини, які сприяють її подальшому вогнезахисту. При цьому зберігаються якісні фізико-механічні показники, такі як запобігання втратам деревини під час зберігання та транспортування, вирівнювання забарвлення або надання деревині потрібного кольору, покращення міцності і пластичності, пришвидшення подальшого сушіння.

Дослідженнями болгарських спеціалістів С. Ніколова та Н. Делийски [3] встановлено залежність забарвлення від початкових факторів деревини під час пропарювання. А інший болгарський дослідник А. Райчев [4] дослідив вплив тривалості пропарювання на зміну кольору деревини.

Метою роботи є вибір оптимальних режимів теплового оброблення як підготовчого етапу перед вогнезахистом деревини, із збереженням її фізико-механічних властивостей.

Виклад основного матеріалу. Для покращення просочування деревини вогнезахисними засобами здійснюють попереднє її теплове оброблення. У цьому дослідженні використано такий вид оброблення, як пропарювання. При цьому максимально знешкоджуються майже всі шкідливі організми, які знаходяться в деревині. Проте пропарювання не виключає повторного враження деревини, хоч ступінь ризику значно зменшується, тому що шкідники вибирають непропарену деревину порівняно з пропареною.

Стійкість пропареної деревини перевіряли згідно з [3] таким чином. Пропарені букові заготовки протягом 45 хв за температури середовища 100,

120 та 140 °С заражали чистими спорами різних грибів і витримували протягом місяця в повітряному середовищі за температурі $t_c=20$ °С та відносної вологості повітря $\phi=65$ %. При цьому відбувалася інтенсивна зміна кольору (посиніння) пропареної деревини за $t_c=100\dots 120$ °С та майже непомітна зміна кольору за $t_c=140$ °С.

Як зазначено вище, метою пропарювання деревини може бути вирівнювання кольору заболонної та ядрової зон, надання деревині більш благородного забарвлення. У Болгарії навіть існує спеціальний стандарт [4], відповідно до якого колір деревини поділяють на три категорії якості:

- екстра (колір від кремово-кавового до червоно-кремового);
- перша (колір від кремово-кавового до червоно-кавового);
- друга (колір від кремово-кавового до рожево-червоного).

При цьому пропарені букові пиломатеріали повинні мати однакове забарвлення по всіх площинах і перетинах. Болгарські спеціалісти С. Ніколов та Н. Делийски [3] встановили, що на інтенсивність забарвлення під час пропарювання впливають чотири фактори: початкова вологість, товщина матеріалу, тривалість пропарювання та температура середовища. Усі пропарені зразки порівнювали за атласом кольорів Е.Б. Рабкіна, відповідно до якого природний колір деревини бука має близько 18 % насиченості ($H_\varepsilon=18$ %).

Вплив початкової вологості (вологомісту – U , кг/кг) дослідив А. Райчев [4] на букових пластинках товщиною 10 мм. За температури середовища $t_c \approx 98$ °С і тривалості пропарювання $\tau=8$ год зміна насиченості кольору ($\Delta H = H_{(t)} - H_\varepsilon$) збільшується за такою залежністю:

$$\Delta H = 0,12W^{1,7}. \quad (1)$$

Закономірність (1) справедлива для діапазону вологості $15 < W < 45$ %, тому що пропарювання за вологомісту $U=0,10\dots 0,15$ кг/кг майже не змінює колір деревини. За вологомісту $U>0,40\dots 0,45$ кг/кг зміна кольору майже не відрізняється між собою. Отже, для отримання інтенсивного забарвлення деревини під час пропарювання її вологість має бути не нижча $W=35\dots 40$ %.

Райчев А. [4] також дослідив спільний вплив тривалості пропарювання (до 96 год), товщини матеріалу за вологості $W \geq 40$ % і температури середовища $t_c \approx 98$ °С на зміну кольорової насиченості деревини. Як показали результати дослідження, для досягнення 80 % зміни кольору (відносно еталону) тривалість пропарювання повинна бути: для товщини $S_1=25$ мм, $\tau=18$ год; для товщини $S_1=32$ мм, $\tau=24$ год; для товщини $S_1=40$ мм, $\tau=32$ год; для товщини $S_1=50$ мм, $\tau=40$ год; для товщини $S_1=60$ мм, $\tau=50$ год; для товщини $S_1=70$ мм, $\tau=60$ год. Тому за однієї і тої же тривалості пропарювання матеріали великих товщин не можуть досягти такої інтенсивності забарвлення як тонкі. Значною мірою підвищує інтенсивність насичення кольору підвищення температури середовища. Наприклад, під час пропарювання букових пиломатеріалів товщиною 40 мм упродовж 8 год насиченість кольору зростає за температури середовища $t_c=100$ °С на 23,9 %, за $t_c=120$ °С – на 35 %, а за температури $t_c=140$ °С – на 75,7 %.

Під час пропарювання деревини відбувається зміна вологості, а також її перерозподіл. Вологість поверхневих шарів збільшується, тоді як із центральних шарів волога переміщується до поверхні. Отже, відбувається вирівнювання вологості по товщині. Аналізуючи досліди із сушіння пропарених заготовок бука і порівнюючи їх з аналогічними даними [5] сушіння непропарених, виявлено такі відмінності:

1. Загальна тривалість сушіння скорочується на 20...40 % залежно від товщини та початкової вологості деревини.
2. У перший період сушіння швидкість сушіння зростає, а потім настає повна стабілізація швидкості сушіння. Цей період можна класифікувати як період постійної швидкості сушіння, який практично відсутній під час сушіння непропарених заготовок.
3. Використовуючи виробничий досвід, процес сушіння пропарених заготовок доцільно проводити з витримкою 10...15 днів після пропарювання, що дає змогу довести початкову вологість до 30...40 %.

Вологопровідність пропареної деревини зростає в 1,2...1,4 рази порівняно з непропареною. Зауважено, що в деякі періоди інтенсивність процесу сушіння (внаслідок збільшення вологопровідності) збільшується в кілька разів. Наприклад, за зменшення вологості від 40 до 20 % швидкість сушіння пропареної деревини у 2,4...3,6 разів більша, ніж непропареної.

Відповідно до вимог максимально можливої швидкості прогріву деревини (на початковій стадії) і мінімальних витрат теплової енергії і пари на пропарювання деревини, доцільно прийняти температуру середовища $t_c=95...98\text{ }^\circ\text{C}$ за повної насиченості повітря водяною парою. Більш високі температури, які використовують в окремих випадках ($t_c=110...130\text{ }^\circ\text{C}$), потребують застосування обладнання, що працює під підвищеним тиском. Рекомендовані температури $t_c=95...98\text{ }^\circ\text{C}$ легко досягнути у сушильних і парильних камерах, у парильних ковпаках, для яких потрібно розробити технологію і режими та визначити тривалість оброблення. Такі ж температурні режими легко досягнути в лабораторних умовах і у виробничій практиці за допомогою пропарювальних барабанів, які працюють за тиску $P=0,02...0,05\text{ Мпа}$.

Проведені дослідження теплового оброблення букових пиломатеріалів та заготовок дали змогу визначити вплив різних факторів на динаміку зміни температури та зміну фізико-механічних властивостей деревини. Узагальнення отриманих результатів дає змогу скласти режими залежно від поставленої мети. Як видно з наведеного вище, визначили такі завдання процесу пропарювання: теплова стерилізація букових пиломатеріалів з метою запобігання втратам деревини під час зберігання та транспортування; вирівнювання забарвлення або надання деревині потрібного кольору; пришвидшення подальшого сушіння з метою підвищення продуктивності сушарок і зменшення витрат енергії.

Тривалість прогріву та охолодження узагальнено у табл. 1.

У табл. 2 наведено режими пропарювання букових пиломатеріалів та заготовок за температури середовища $t_c=95...98\text{ }^\circ\text{C}$, відносної вологості середовища $\phi=100\text{ \%}$, які призначені для теплової стерилізації деревини.

Табл. 1. Тривалість прогріву букових пиломатеріалів при пропарюванні

| Вологість деревини W , % | Тривалість прогріву τ (год) для товщини пиломатеріалів S_1 , мм | | | | | |
|----------------------------|--|------|------|------|------|------|
| | 25 | 32 | 40 | 50 | 60 | 75 |
| 20 | 1,30 | 1,95 | 2,83 | 4,17 | 5,75 | 8,52 |
| 30 | 1,45 | 2,22 | 3,23 | 4,73 | 6,53 | 9,70 |
| 40 | 1,57 | 2,40 | 3,50 | 5,12 | 7,07 | 10,5 |
| 50 | 1,67 | 2,55 | 3,72 | 5,43 | 7,52 | 11,1 |
| 60 | 1,75 | 2,67 | 3,88 | 5,70 | 7,87 | 11,7 |
| 80 | 1,87 | 2,85 | 4,15 | 6,08 | 8,40 | 12,5 |

Табл. 2. Режими пропарювання з метою теплової стерилізації букових пиломатеріалів

| № режиму | Товщина матеріалу S_1 , мм | Параметри середовища при пропарюванні | Тривалість теплового оброблення – τ , годин | | | | Примітка |
|----------|------------------------------|---|--|--------------------------------|-------------------------------|--|--|
| | | | прогрів $\tau_{пр}$, год | пропарювання $\tau_{ос}$, год | охолодження $\tau_{ох}$, год | сумарна тривалість процесу τ_{Σ} , год | |
| ТС-01 | до 22 мм | $P=0,02...0,05\text{ Мпа}$ $t_c=95...98\text{ }^\circ\text{C}$ $\phi=100\text{ \%}$ | 1,5-2 | 6,0 | 1,5-2,0 | 9-10 | Верхній рівень приймати для $W=80\text{ \%}$ |
| ТС-02 | вище 22 до 32 мм | | 2-3 | 6,0 | 2,0-3,0 | 10-12 | |
| ТС-03 | вище 32 до 40 мм | | 3-4 | 6,0 | 3,0-4,0 | 12-14 | Нижній рівень приймати для $W=20\text{ \%}$ |
| ТС-04 | вище 40 до 50 мм | | 4-6 | 6,0 | 4,0-6,0 | 14-18 | |
| ТС-05 | вище 50 до 60 мм | | 6-8 | 6,0 | 6,0-8,0 | 18-22 | |
| ТС-06 | вище 60 до 75 мм | | 8-12 | 6,0 | 8,0-12 | 22-30 | |

У табл. 2 прийнято діапазон тривалості оброблення залежно від рівня вологості деревини: більше значення тривалості оброблення – для вологості 80 %, а менше значення тривалості – для вологості 20 %, що відповідає значенням табл. 1. Згідно з літературними даними, а також проведеними дослідженнями, встановлено, що вистачає 5...6 год, щоб основна частина (96 %) поживних та екстрактивних речовин виділилось з деревини, вміст яких є основною причиною враження деревини грибами та комахами. Такими режимами досягається й інша мета – не так знижуються механічні показники деревини.

У табл. 3 подано режими пропарювання для зміни насиченості кольору деревини. При цьому вказано тільки тривалість пропарювання. Тривалість прогріву та охолодження можна взяти з табл. 2.

Вологість деревини має бути вища 40 %. Згідно з даними табл. 2 та 3, звичайна теплова стерилізація на 20...30 % насичує колір, що є практично достатнім для вирівнювання кольору заболонної та центральної зон деревини. Потрібно зазначити, що добиваючись під час пропарювання більшої насиченості кольору, значно знижуються механічні показники деревини.

Режими оброблення становлять основу будь-якої технології. Послідовно технологічний процес пропарювання пиломатеріалів і заготовок складається з таких операцій: формування штабелю; завантаження штабелю у пристрій (пропарювальні камери, ковпаки, автоклави тощо); початковий прогрів, тобто нагрів установки; розморожування (у зимовий період) пиломатеріалів або загото-

вок; прогрів деревини до температури $t_d = t_c - 3^\circ\text{C}$; пропарювання визначеної тривалості; охолодження матеріалу.

Табл. 3. Режими пропарювання букових пиломатеріалів з метою зміни кольорової насиченості

| № режиму | Товщина матеріалу S_1 , мм | Параметри середовища при пропарюванні | Зміна кольорової насиченості H , % відносно еталона за тривалості пропарювання τ , год | | | |
|----------|------------------------------|--|---|----|----|----|
| | | | 20 | 40 | 60 | 80 |
| ТН-01 | до 25 мм | $P = 0,02 \dots 0,05 \text{ Мпа}$ $t_c = 95 \dots 98^\circ\text{C}$ $\varphi = 100 \%$ | 4 | 8 | 14 | 18 |
| ТН-02 | вище 25 до 32 мм | | 5 | 12 | 18 | 24 |
| ТН-03 | вище 32 до 40 мм | | 6 | 15 | 22 | 32 |
| ТН-04 | вище 40 до 50 мм | | 8 | 18 | 28 | 40 |
| ТН-05 | вище 50 до 60 мм | | 12 | 24 | 38 | 50 |
| ТН-06 | вище 60 до 75 мм | | 16 | 32 | 48 | 60 |

Висновок. Проведено експериментальні дослідження пропарювання дерев'яних конструкцій з метою покращення їх подальшого просочування вогнезахисними засобами. Це дало змогу визначити вплив теплового оброблення на динаміку зміни фізико-механічних властивостей деревини. Внаслідок досліджень вибрано оптимальні режими пропарювання, які зберігають якісні фізико-механічні показники, такі як запобігання втратам деревини під час зберігання та транспортування, вирівнювання забарвлення або надання деревині потрібно-го кольору, покращення міцності і пластичності, пришвидшення подальшого сушіння.

Література

- ГОСТ 30219-95. Древесина огнезащитная. Общие технические требования. Методы испытаний. Транспортирование и хранение.
- Кравець І.П. Покращення просочування дерев'яних конструкцій вогнезахисними покриттями методом їх теплового оброблення / І.П. Кравець, А.П. Кушнір, Л.І. Кравець. – Львів : Вид-во ЛДУ БЖД, 2014. – № 25. – С. 53-57.
- Николов С. Изменение на дървесината при пропарване / С. Николов, Н. Делийски. – София : Изд-во "Техника", 1985. – 174 с.
- Николов С. Пропарване на дървесината / С. Николов, А. Райчев, Н. Делийски. – София : Изд-во "Земиздат", 1980. – 216 с.
- Билей П.В. Технология камерной сушки твёрдых лиственных пород : дисс. ... д-ра техн. наук / П.В. Билей; ДУ "Львівська політехніка". – Львов, 1993. – 314 с.

Надійшла до редакції 26.05.2016 р.

Кравець І.П., Кушнір А.П., Шаповалов О.В. Выбор оптимальных режимов тепловой обработки как подготовительного этапа перед огнезащитой древесины

Для качественного просачивания древесины огнезащитными средствами проведение предварительная ее тепловая обработка. В этом исследовании использован такой вид обработки, как пропаривание. Очень важно, чтобы во время предварительного приготовления деревянных заготовок для огнезащиты, не потеряли естественных положительных качеств древесины. Определено влияние тепловой обработки на динамику изменения физико-механических качеств древесины. В результате экспериментальных исследований выбраны оптимальные режимы пропаривания, которые сохраняют качественные физико-механические показатели, такие как: предотвращение потерь древесины при сбережении и транспортировании, выравнивание окраски или предоставление

древесине необходимого цвета, улучшение прочности и пластичности, ускорение последующей сушки.

Ключевые слова: огнезащитные средства, тепловая обработка, пропаривание, физико-механические показатели, оптимальные режимы.

Kravets I.P., Kushnir A.P., Shapovalov O.V. The Selection of Optimal Regimes of Heat Treatment as a Preparatory Step before Fire Protection of Wood

For high-quality impregnation of wood by flame retardant means it is pre-heat treated. In this case we use this type of finishing, like steaming. It is very important not to lose the positive qualities of natural wood during the preliminary preparation of the wood for the fire protection. The conducted research allowed to determine the influence of heat treatment on the dynamics of changes in physico-mechanical properties of wood. As a result of experimental studies of the selected optimal modes of curing that maintain high-quality physical and mechanical properties, such as the prevention of timber losses during storage and transportation, alignment, color, or giving the wood the desired color, the improvement of strength and plasticity, accelerate subsequent drying.

Keywords: fireproof coverage, thermal treatment, steaming thoroughly, physical and mechanical performance, optimal regimes.

УДК 621.643

ВПЛИВ ГАЗОГІДРАТІВ НА ОПІР ВТОМІ МАТЕРІАЛУ ТРИВАЛОЕКСПЛУАТОВАНИХ ПРОМИСЛОВИХ ТРУБОПРОВІДІВ

М.П. Мазур¹, Р.С. Грабовський², Л.Я. Побережний³, М.О. Карпаш⁴, А.В. Грицанчук⁵

Причиною небезпечного стану, а в окремих випадках руйнування газопроводів є утворення на зовнішній або внутрішній поверхні труби корозійно-втомних тріщин, спричинене експлуатаційними циклічними навантаженнями. Згідно з даними діагностичного контролю такі тріщини зароджуються на дні корозійних виразок, технологічних рисок тощо. Проведено втомні випробовування зразків трубої сталі 20 після експозиції у газогідраті. Встановлено, що зменшення довговічності становить від 15 до 25 %, а з урахуванням деградації матеріалу сягає до 2,5 раза, що свідчить про потребу врахування гідратного чинника в оцінюванні залишкового ресурсу.

За результатами випробовувань на тріщиностійкість для зразків із сталі 20 визначено критичні розміри тріщини. Показано, що для труб після 31 року експлуатації критичний розмір тріщини зменшується на 21 %. Визначено границю плинності досліджуваних зразків за запропонованою методикою. Результати загалом узгоджуються із промисловою практикою: границя плинності знизилась незначно протягом всього терміну експлуатування.

Ключові слова: газогідрати, внутрішньотрубна корозія, ресурс роботи, неруйнівне визначення границі плинності, критичні розміри тріщини.

Вступ. Фізико-механічні характеристики сталей, поза сумнівом, є визначальними з погляду експлуатаційних властивостей металоконструкцій довготривалої експлуатації. У загальному випадку можна стверджувати, що їх невідповідність умовам експлуатування призводить до нагромадження пошкоджень

¹ доц. М.П. Мазур, канд. фіз.-мат. наук – Івано-Франківський НТУ нафти і газу;
² проф. Р.С. Грабовський, д-р техн. наук – Івано-Франківський НТУ нафти і газу;
³ проф. Л.Я. Побережний, д-р техн. наук – Івано-Франківський НТУ нафти і газу;
⁴ проф. М.О. Карпаш, д-р техн. наук – Івано-Франківський НТУ нафти і газу;
⁵ асист. А.В. Грицанчук – Івано-Франківський НТУ нафти і газу