

Техніка і технології

УДК 62.026.004.67

РЕЗУЛЬТАТИ ВИЗНАЧЕННЯ ПОЧАТКУ РУЙНІВНИХ ПРОЦЕСІВ СТАЛЕВИХ ТРУБОПРОВОДІВ МЕТОДОМ АКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ

¹Б.В.Копей, ¹А.М.Найда, ²В.В.Розгонюк, ³В.П.Ройзман, ³А.В.Горошко¹ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 40534
e-mail: korey@ifdtung.if.ua, andr@kl.if.ua²Представництво ТОВ „Газекспорт” в Україні,
м. Київ, вул. Артема, 26-В, тел. (044) 4902526³Технологічний університет Поділля, м. Хмельницький, вул. Інститутська, 11,
тел. (03822) 728743

Изложена экспериментальная проверка теоретических положений для труб без повреждений и намечены дальнейшие пути укрепления труб методом их бандажирования.

Рассматриваются средства и методы тензометрирования стальных трубопроводов, определения начала разрушительных процессов методом акустической эмиссии, а также способ повышения их прочности и надежности при действии внутреннего давления, которое состоит в нанесении на внешнюю поверхность трубы укрепляющего пласткомпозиционного бандажа. Этот бандаж формируется по специально разработанной технологии из тканевого композита (текстолита) и эпоксидной смолы.

Цель – экспериментально проверить возможность укрепления стальной трубы композитным бандажом.

У нафтогазовидобувній промисловості переважно використовують металеві труби. Останнім часом для виготовлення нафтогазових трубопроводів також застосовують неметалеві (пластикові) труби, що мають достатньо високі експлуатаційні параметри. У процесі експлуатації за певних технологічних умов навантаження поява і злиття мікротріщин у трубі може призвести до її руйнування, аварійної ситуації. Для захисту металевих трубопроводів від негативних чинників (зокрема, низької корозійної стійкості) та підвищення їх характеристик щодо міцності розробляють різні методи. Серед них ефективним способом є нанесення на зовнішню чи внутрішню поверхню труби

In the article experimental check of theoretical positions for pipes without damages and the planned further ways of strengthening of pipes a method of their bandaging is stated.

Means and methods of tensometring of steel pipelines, definition of the beginning of destructive processes by a method of acoustic emission, and also a way of increase of their durability and reliability are considered at action of internal pressure which will consist in drawing on an external surface of a pipe of a strengthening composite bandage. This bandage is formed behind specially developed technology of a fabric composite (textolite) and epoxide pitches.

The purpose – experimentally check up an opportunity of strengthening of a steel pipe by composite bandage.

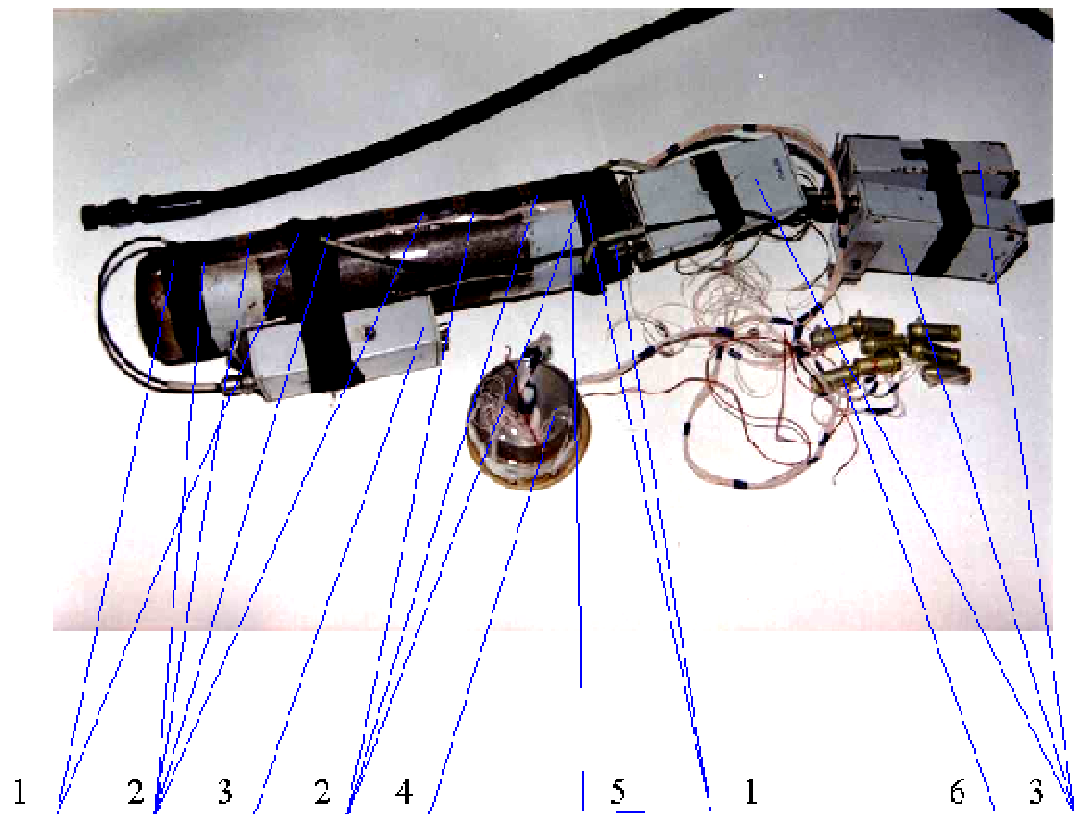
покриття захисного шару із полімерного композитного матеріалу.

У даній статті викладена експериментальна перевірка теоретичних положень зміцнення методом бандажування для труб без пошкоджень та намічені подальші шляхи зміцнення труб.

Розглядаються засоби та методи тензометрування сталевих трубопроводів, визначення початку руйнівних процесів методом акустичної емісії, а також спосіб підвищення їх міцності та надійності під час дії внутрішнього тиску, що полягає у нанесенні на зовнішню поверхню труби зміцнювального шару — композитного бандажа. Цей бандаж формується за спеціально розробленою технологією із тканинного композиту (текстоліту) і епоксидної смоли.

Об'єктом дослідження була сталевая труба довжиною 390 мм, зовнішнім діаметром 89 мм і

Швидкість руху фотострічки осцилографа Н071.М4 встановлювали на 10 мм/с.



1 – давач акустичної емісії; 2 – тензодавачі; 3 – підсилювач САА-06; 4 – тензометричний міст; 5 – труба; 6 – електроз'єднувачі

Рисунок 1- Загальний вигляд препарованого зразка

внутрішнім 81 мм.

З обох кінців до труби були приварені шарові заглушки. В одній із них був вмонтований штуцер, через який здійснювалось нагнітання рідини і створювався необхідний тиск.

Мета роботи — експериментально перевірити можливість зміцнення сталеві труби композитним бандажем.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- розробити засоби утворення необхідного тиску в зразку;
- розробити технологію виготовлення бандажа;
- препарувати досліджуваний зразок тензодавачами та давачами акустичної емісії;
- розробити заходи безпеки досліджень;
- обробити та проаналізувати одержані результати.

Підготовлену трубу встановлювали в металевий захисний кожух для безпечного проведення досліду (рис. 1). Оскільки на початку роботи було невідомо, яка потрібна чутливість апаратури для навантаження труби внутрішнім тиском до 5-10 атм., то ручку значення коефіцієнта аттенюації тензометричної апаратури 8АНЧ-26 встановлювали в положення “1”, що забезпечило найбільшу чутливість тензодавачів.

Тиск збільшували поступово, дискретно, від 0 до 5 атм. з кроком 1 атм. Результати вимірювань фіксували на фотопапері УФ-67. Під час навантаження труби тиском до 2 атм. бачили, що всі промені давачів вийшли за межі фотострічки. Тому стало зрозумілим, що чутливість тензоапаратури з коефіцієнтом аттенюації “1” занадто велика і потрібно її зменшити. Встановили нове положення коефіцієнта аттенюації — “2” і відновили дослідження, матеріали яких проілюстровані на фотострічці (у статті не зображуються, оскільки є досить громіздкими).

Кадру №1 фотострічки відповідали значення початкових напружень за внутрішнього тиску в досліджуваному зразку 0 атм, тобто стану спокою. Нумерація променів, зафіксованих на фотопапері, відповідає порядковому номеру тензодавача, встановленого на досліджуваній трубі.

Далі вмикали установку нагнітання тиску та доводили внутрішній тиск у трубі до 1 атм. Зафіксувавши краном встановлений тиск, установку вимикали. Увімкнувши подачу осцилографа, зафіксували положення променів на фотопапері. Для кращого контролю за поведінкою променів було вирішено проводити запис і в перехідному режимі, тобто під час зміни тиску в трубі з меншого значення до більшого і на-

впаки. Тому на кадрах №3-№7 були зафіксовані і статичні положення променів і динамічні, тобто під час зміни тиску.

На кадрі №3 зображено, як змінюється положення променів під час зміни тиску від 1 атм

Таблиця 1 — Відповідність номера кадру зміні тиску в металевій трубі

№ кадру	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Зміна тиску, атм	0	0-5	5-10	10-15	15-21,5	21,5-24,5	24,5-27,5	27,5-29,5	29,5-33	33-35	35-37	37-0

до 2 атм. Навіть за досить малого навантаження тиском до 2 атм спостерігалось, що промені давачів №1 та №7 значно менше відхиляються, ніж інші. Це пояснюється тим, що давачі цих променів знаходяться на краях труби, біля торцевих заглушок, які впливають на досліджувану поверхню труби як ребра жорсткості.

На кадрі №4 були зафіксовані переміщення променів за зміни тиску від 2 атм до 3 атм. Спостерігалось, що промінь давача 2, маючи більше зміщення, ніж промінь давача 1, перетнув промінь 1 і перейшов на другий бік.

На кадрах №5 та №6, яким відповідали зміни значень тисків у трубі від 3 атм до 4 атм та від 4 атм до 5 атм відповідно, бачимо, що всі промені значно змістились, наблизившись до краю фотострічки, крім променя давача №7. Тому в подальшому особливої уваги показникам давача №7 приділяти не стали.

Після досягнення запланованої межі в 5 атм тиск поступово повернули до початкового значення із записом зворотного ходу променів давачів, що зображено на кадрі №7.

Порівнюючи положення променів до і після проведення досліду, можна побачити, що промені повернулись на свої місця, а це свідчить про те, що вимірювання пройшли з високою точністю в межах дії закону Гука.

Звірівши показники давачів 1-а і 1-в, 2-а і 2-в, 3-а і 3-в, 4-а і 4-в, 5-а і 5-в, 6-а і 6-в, 7-а і 7-в, тобто давачів, розташованих в одному перерізі під кутом 180° , виявили повну їх схожість.

Одержані матеріали початкового досліду засвідчили, що для подальшого підвищення тиску в досліджуваній трубі необхідно збільшити коефіцієнт аттенюації тензоапаратури, оскільки з підвищенням тиску до 15 атм і вище положення променів тензодавачів буде знаходитись за межами фотострічки, тобто для подальшої роботи необхідно використовувати ще меншу чутливість тензоапаратури. Це також свідчить про те, що досить було використати тензодавачі типу КФ 5ПІ-10-200-Б-12, а давачі інших типів можна не використовувати.

Далі встановили ручки коефіцієнта аттенюації всіх каналів на "4". Тиск у досліджуваній трубі піднімали від 0 до 15 атм дискретно з кроком 3 атм.

На кадрі №1 зафіксовано початкове положення променів давачів, коли тиск у системі порівнював нулю.

На кадрі №2 зафіксовано зміну положень променів давачів у динамічному режимі під час підвищення тиску в металевій трубі з 0 до 3 атм, на кадрі №3 — з 3 до 6 атм, на кадрі №4 — з 6 до 9 атм, на кадрі №5 — з 9 до 12 атм, на

кадрі №6 — з 12 до 15 атм, на кадрі №7 — зворотний хід променів під час зниження тиску з 15 атм до 0. Порівнявши положення променів давачів на початку та в кінці досліду, побачили повну тотожність їх положень. Отже, вимірювання відбулось з високою точністю. Для подальшого підвищення тиску вище 15 атм необхідно було змінити коефіцієнт аттенюації тензоапаратури на "8", оскільки положення променів за тиску в трубі понад 15 атм та коефіцієнті аттенюації "4" могло бути за межами фотострічки.

Підвищували тиск з 0 до 37 атм дискретно та в динамічному режимі. На фотострічці зафіксовано положення променів давачів зі зміною тиску від 0 до 37 атм.

У таблиці 1 показано відповідність номера кадру зміні тиску в металевій трубі.

У процесі тензометрування труби проводився контроль показників давачів акустичної емісії. На всіх режимах вимірювання та за різних змін тиску в досліджуваній трубі в межах до 37 атм майже ніяких сигналів акустичної емісії зафіксовано не було. Це також свідчить про безпечні умови дослідження зразка.

Напруження на поверхні досліджуваної труби, зафіксовані кожним з давачів за різного тиску, знаходили за формулою (1)

$$\sigma_{\text{тз пр}} = \varepsilon \cdot E = A \cdot K_{\text{тар}} \cdot E, \quad (1)$$

де: $\sigma_{\text{тз пр}}$ — зовнішнє напруження, (МПа);

A — відхилення променя осцилографа (мм);

$K_{\text{тар}}$ — тарувальний коефіцієнт;

$E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ — модуль пружності матеріалу зразка.

Результати записували в таблицю залежності напруження поверхні труби в різних давачах від тиску всередині її (табл. 2).

З наведених у таблиці даних бачимо, що найбільші напруження на поверхні металевій труби за тиску 37 атм зафіксовані давачем №5 (35,81 МПа), і вони не є небезпечними для матеріалу труби. Також бачимо, що до тиску 37 атм дослідження проводились у межах закону Гука, і це підтверджує відсутність показників давачів акустичної емісії.

Найменше значення напружень на давачі №1 пояснюється його близьким розташуванням до країв труби, де присутні бокові стінки, що виконують роль ребер жорсткості під час навантаження труби внутрішнім тиском.

Також було проведено теоретичний розрахунок напружень у трубі за максимального тиску.

Для визначення напружень на зовнішній та внутрішній поверхнях труби скористались та-

звідки знаходили

Таблиця 2 — Значення напруження, виміряних на поверхні труби за різних значень внутрішнього тиску

Значення внутрішнього тиску P, (атм)	Значення напружень $\sigma_{tзпр}$, (МПа)					
	№ тензодавача					
	1	2	3	4	5	6
0	0	0	0	0	0	0
5	2,84	4,25	4,24	4,06	4,89	4,08
10	5,86	8,85	8,52	8,39	9,94	8,39
15	8,93	13,27	12,88	12,52	14,89	12,69
21,5	13,02	19,39	18,69	18,32	21,55	18,42
24,5	15,41	22,41	21,67	21,13	24,83	21,27
27,5	17,4	24,92	24,1	23,57	27,51	23,73
29,5	18,65	26,88	25,91	25,34	29,56	25,52
33	20,76	29,73	28,74	28,11	32,69	28,43
35	21,95	31,47	30,35	29,7	34,45	30,13
37	22,86	32,62	31,52	30,92	35,81	31,5

кими формулами [2]:

$$\sigma_{tз} = \frac{R_{вн}^2}{R_{зовн}^2 - R_{вн}^2} \cdot 2P_{max}, \quad (2)$$

$$\sigma_{tв} = \frac{R_{вн}^2}{R_{зовн}^2 - R_{вн}^2} \cdot P_{max} \cdot \left(1 + \frac{R_{зовн}^2}{R_{вн}^2}\right), \quad (3)$$

$$\sigma_{tзтеор} = \frac{4,05^2}{4,45^2 - 4,05^2} \cdot 2 \cdot 37 = 356,9 \text{ кг/см}^2 = 35,69 \text{ МПа}. \quad (4)$$

де: $R_{вн} = 4,05$ см – радіус внутрішньої поверхні труби;

$R_{зовн} = 4,45$ см – радіус зовнішньої поверхні труби;

$P_{max} = 35$ кг/см² – максимальне значення тиску;

$\sigma_{tв}$ – внутрішнє напруження, МПа;

$\sigma_{tзтеор}$ – теоретичне зовнішнє напруження, МПа.

Виходячи з формул (2) і (3), виконували розрахунок внутрішнього напруження за максимального зовнішнього напруження, що вимірювався за максимального тиску в трубі:

$$\frac{\sigma_{tвпр}}{\sigma_{tзпр}} = \frac{\frac{R_{вн}^2}{R_{зовн}^2 - R_{вн}^2} \cdot \left(1 + \frac{R_{зовн}^2}{R_{вн}^2}\right) \cdot P_{max}}{\frac{R_{вн}^2}{R_{зовн}^2 - R_{вн}^2} \cdot 2 \cdot P_{max}}, \quad (5)$$

$$\sigma_{tвпр} = \sigma_{tзпр} \cdot \frac{1 + \frac{R_{зовн}^2}{R_{вн}^2}}{2} = 35,81 \cdot \frac{1 + \frac{4,45^2}{4,05^2}}{2} = 79,043 \text{ МПа} \quad (6)$$

Теоретичне значення внутрішнього напруження труби розраховували за формулою (3)

$$\sigma_{tвтеор} = \frac{4,05^2}{4,45^2 - 4,05^2} \cdot 37 \cdot \left(1 + \frac{4,45^2}{4,05^2}\right) = 787,8 \text{ кг/см}^2 = 78,78 \text{ МПа}. \quad (7)$$

Порівнюючи розрахункове (формула 4) та практичні (табл. 2) значення напружень на поверхні зразка, а також теоретичне (формула 7) та практичне значення (формула 6) внутрішніх напружень, можна зробити висновок, що ці значення одного порядку і відрізняються незначно.

Наступним етапом роботи було проведення дослідження з можливістю зниження напружень в трубі після нанесення на неї композитного зміцнювального бандажа.

Перед намотуванням композитного бандажа провели дослідження міцності його основи, тобто синтетичної тканини. Дослідження проводили на випробувальній машині ИР-5. Ширину випробувального зразка тканини брали з розрахунку майбутнього бандажа — 20,5 см та довжиною 15 см. Результати випробування фіксували на папері. Не вдаючись у подробиці поведінки тканини під час випробувань, зазначимо, що максимальна сила, яку витримала тканина, дорівнювала 115 кг.

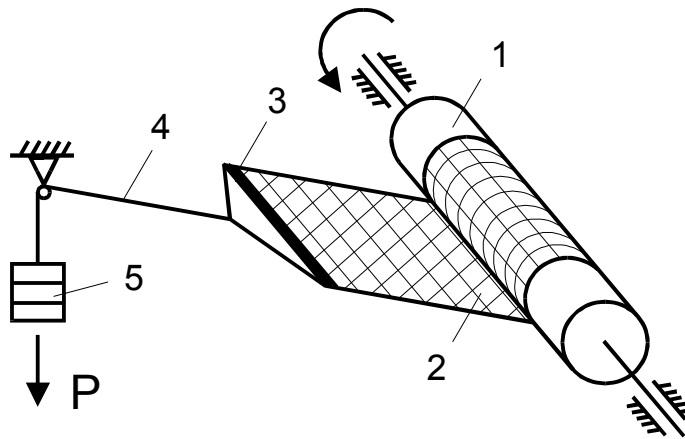
Для рівномірного та щільного намотування композитної стрічки було розроблено установку, схему якої зображено на рис. 2.

Спочатку край тканинної стрічки був попередньо приклеєний епоксидним клеєм ЕДП до твірної досліджуваної труби. Після повного висихання клею виконували натягування та розрівнювання стрічки. Другий край тканинної стрічки закріплювали двома дерев'яними планками, які у свою чергу закріплювалися до сталевого дроту.

Установлювали, центрували та закріплювали досліджувану трубу в затискачах установ-

Увімкнувши тензоапаратуру, знову зафіксували положення променів давачів. У процесі накладання бандажу зміщення променів осцилографа відбувалось у протилежному напрямку, ніж під час навантаження труби внутрішнім тиском. Тому значення напружень записували зі знаком “-”. За формулою (1) перерахували значення напруження на поверхні труби з бандажем без внутрішнього тиску в ній. Одержані значення записували в таблицю 3.

Далі проводили дослідження труби з композитним бандажем. Вмикали знову тензо- та акустоемісійну апаратуру і установку нагнітан-



1 – труба; 2 – тканина; 3 – стисні планки; 4 – дріт; 5 – вантаж

Рисунок 2 — Установка для намотування з натягом тканинної стрічки на трубу

Таблиця 3 — Значення напружень на поверхні труби після бандажування

№ давача	1	2	3	4	5	6
$\sigma_{t_3}, МПа$	-2,99	-3,64	—	-2,95	—	-1,34

Таблиця 4 — Відповідність номера кадру зміні тиску в металевій трубі

№ кадру	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Зміна тиску, атм	0	0-5	5-10	10-15	15-20,5	20,5-24,75	24,75-27,5	27,5-29,5	29,5-35	35-39,5	39,5-0

ки намотування (токарному станку). Намотування тканинної стрічки проводилось обертанням труби навколо своєї осі. Оскільки намотування виконувалось вручну, то максимальне зусилля становило тільки 70-100Н. Обертаючи зразок, через кожен новий оберт проводили підмашування епоксидною смолою поверхні тканинної стрічки. Після утворення таким чином 3 шарів провели тензометрування та запис показників тензодавачів на фотопапір і продовжили намотування тканинної стрічки з прошарками епоксидної смоли. Загальна кількість шарів композитного бандажу — 6.

Після 48 годин висихання бандажу за температури 20-23⁰С досліджувану трубу знімали з затискачів, перевіряли цілісність тензодавачів та провідників.

внутрішнього тиску. Значення коефіцієнта аттенуації тензометричної апаратури встановлювали на “8”.

Проводили навантаження внутрішнім тиском дискретно до 40 атм і фіксували положення променів осцилографа на фотострічці.

У таблиці 4 наводиться відповідність номера кадру зміні тиску в металевій трубі.

Під час досягнення внутрішнього тиску 24,75 атм з'явилися перші слабкі сигнали акустичної емісії, активність яких збільшувалась із підвищенням внутрішнього тиску в досліджуваній трубі. Місця виникнення сигналів акустичної емісії знаходили за допомогою лінійної локації (рис. 3).

На діаграмі бачимо, що всі сигнали акустичної емісії знаходяться в зоні композитного

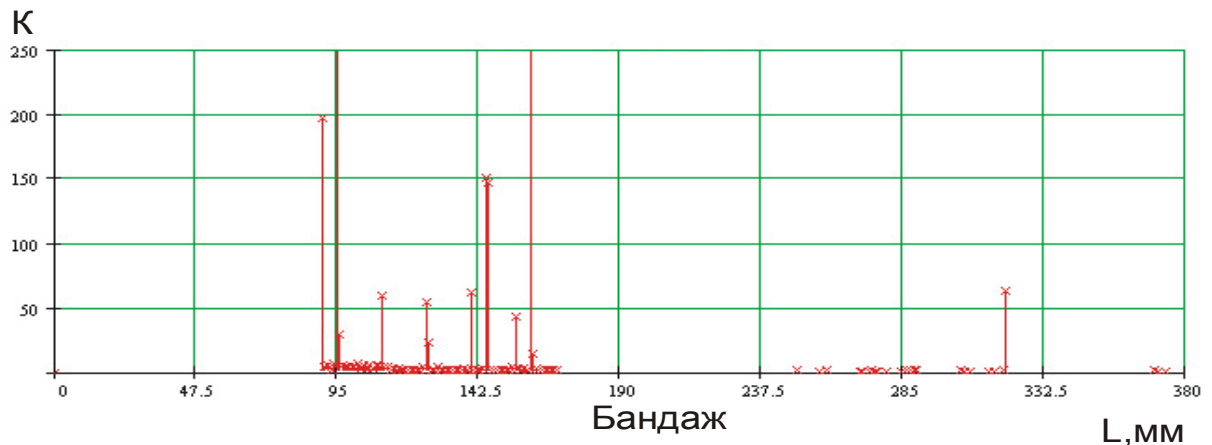


Рисунок 3 — Розподіл сигналів акустичної емісії по довжині труби

Таблиця 5 — Значення напружень на поверхні труби за показниками різних давачів залежно від дії внутрішнього тиску

Значення внутрішнього тиску P, (атм)	Значення напружень $\sigma_{tзnp}$, (МПа)					
	№ тензодавача					
	1	2	3	4	5	6
0	0	0	0	0	0	0
5	2,39	2,89	3,59	3,14	3,79	3,55
10	5,46	7,1	7,28	7,13	8,55	7,94
15	8,47	11,14	12,39	11,23	13,66	12,83
20,5	12,11	16,12	17,56	15,85	19,25	18,42
24,75	14,62	19,48	21,15	18,95	23,03	22,28
27,5	16,21	21,35	23,21	20,76	25,27	24,54
29,75	17,57	23,35	25,14	22,61	27,39	26,8
35	20,6	27,73	29,4	26,41	32,12	31,81
39,5	23,83	31,9	33,6	30,33	36,7	36,06

Таблиця 6 — Результати порівняння значення напружень на поверхні досліджуваної труби на різних ділянках

	Значення напружень $\sigma_{tзnp}$, (МПа)					
	№ давача					
	1	2	3	4	5	6
Без бандажа	21,95	31,47	30,35	29,7	34,45	30,13
З бандажем	20,6	27,73	29,4	26,41	32,12	31,81

бандажа, тобто сам бандаж є джерелом сигналів акустичної емісії. Встановлено, що максимальна кількість цих сигналів припадає на край бандажа. Кількість цих сигналів досить мала, тому нема небезпеки руйнування бандажа та досліджуваної труби.

Обробку даних, одержаних у процесі дослідження труби з композитним бандажем, виконували таким чином. За формулою (1) знаходили значення напружень на поверхні труби. Результати записували у зведену таблицю залежності напруження на поверхні труби за по-

казниками різних давачів від внутрішнього тиску (табл. 5).

Як бачимо, найбільше значення напружень на поверхні досліджуваної труби з бандажем за максимального тиску зафіксовано давачами №5 та №6, що відповідає місцю знаходження максимального напруження під час дослідження труби без бандажа.

Порівнюючи значення напружень на поверхні досліджуваної труби на різних ділянках, виявили певну ефективність у використанні бандажа. Результати порівняння записували у таблицю 6.

Таблиця 7 — Результати порівняння значення напружень на поверхні досліджуваної труби на різних ділянках

	№ давача					
	1	2	3	4	5	6
$\Delta\sigma_t, \text{МПа}$	1,35	3,74	1,0	3,29	2,33	-1,68
$E\phi, \%$	6,15	11,9	3,3	11,1	6,8	-5,5

$$\Delta\sigma_t = \sigma_{t_{\text{без_банда}}} - \sigma_{t_{\text{з_банда}}}; \quad E\phi = \frac{\Delta\sigma_t}{\sigma_{t_{\text{без_банда}}}} \cdot 100\% - \text{ефективність використання бандажа}$$

Для порівняння матеріалів досліджень труби з бандажем та без нього з таблиць 2 та 5 вибрали ряд напружень на поверхні труби за внутрішнього тиску в трубі 35 атм. Результати записали у зведену таблицю ефективності використання бандажа (табл. 7).

З таблиці 7 випливає, що максимальна ефективність бандажа за давачем №2 складає приблизно 12%.

На цьому ж давачі бачимо, що напруження в бандажованій трубі за тиску знизилось на 3,74 МПа, що співпадає зі значенням стискуючих напружень у трубі 3,64 МПа (див. табл. 3), які з'явилися після нанесення на трубу бандажа до створення в ній підвищеного тиску.

Висновок

Наявність композитного бандажа, виконаного з напруженням намотування 70-100 Н, призвела до зменшення максимальних напружень у трубі приблизно на 10-12%.

Література

1. Копей Б.В., Розгонюк В.В., Максимук В., Щербина Н.В., Найда А.М.. Зміцнення пошкодженої сталеві труби композитним банда-

ж. Сучасний етап розробки нафтових і газових родовищ характеризується зростаючою кількістю проблем, що пов'язані з важкими експлуатаційними умовами: високі тиски і температури, агресивне середовище, необхідність освоєння все більш глибоких горизонтів та інше. Ці фактори ставлять підвищені вимоги до якості бурового обладнання і бурильного інструменту.

Одним із важливих завдань підвищення експлуатаційних характеристик буріння є забезпечення роботоздатності трубних колон (бурильних, обсадних, насосно-компресорних). жем: модель і розрахунок // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2003. – №5(5). – С.31-36.

2. Писаренко Г.С., Квітна О.Л., Уманський Е.С. Опір матеріалів / За ред. Г.С. Писаренка. – К.: Вища школа, 1993. – 655 с.

3. Безвербный А.Ф. Силовые и геометрические соотношения в многослойных трубах и сосудах давления / В кн.: Многослойные сварные конструкции и трубы. – К.: Наук. думка, 1984. – С. 296-302.

Для вирішення такого завдання проведено глибокі теоретичні та експериментальні дослід-

УДК 620.179

УДОСКОНАЛЕННЯ СПОСОБІВ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ З'ЄДНУВАЛЬНИХ (ЗАМКОВИХ) ЕЛЕМЕНТІВ ТРУБНИХ КОЛОН

¹О.М.Карпаш, ²П.Я.Криничний, ¹Я.М.Зінчак, ¹В.Я.Попович

¹ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42264, 42453
факс (0342) 42139, e-mail: karpash@ifdtung.if.ua

²НВФ "Зонд", 76000, м. Івано-Франківськ, вул. Микитинецька, 5а,
тел. (0342) 536325, факс (0342) 536386

В статье рассмотрены пути усовершенствования методик контроля качества соединительных элементов трубных колон.

Изложен способ обнаружения дефектов продольной ориентации ультразвуковым методом, а также способ повышения достоверности ультразвукового контроля путем отслеживания за качеством акустического контакта.

The ways of improvement and quality inspect methods of connection elements of pipe columns are investigated in this article. The way of defects identification of transversal orientation by ultrasonic method and technique of reliability increase of ultrasonic check by tracking acoustical contact quality are also described.