

На рис.2 і 3 показано результати розрахунку процесу гальмування підіймальної системи бурової установки УКБ-5П, виконаного за такими вихідними даними: $J = 1,55 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; $m_1 = 206,5 \text{ кг}$; $m_2 = 39,6 \text{ кг}$; $m_3 = 23,9 \text{ кг}$; $c_b = 1200 \text{ МН/м}$; $c_s = 1,9 \text{ МН/м}$; $v_b = 0,5 \text{ кН}\cdot\text{с/м}$; $v_s = 1 \text{ кН}\cdot\text{с}$; $r_t = 0,13 \text{ м}$; $k = 2$; $n = 1$; $l_1 = 462,5 \text{ м}$; $A_1 = 590 \text{ мм}^2$; $E_1 = 2,1\cdot 10^5 \text{ МПа}$; $\rho_1 = 9066 \text{ кг/м}^3$; $\rho = 1200 \text{ кг/м}^3$; $b_1 = 0,4 \text{ с}^{-1}$; $\rho_0 = 500 \text{ м}$; $\alpha = 0,1$; $f = 0$; $\omega_0 = 30,76 \text{ рад/с}$; $v_{10} = 0$; $v_{20} = v_{30} = 2 \text{ м/с}$. Установка обладнана одним гальмівним пристроєм, гальмівний момент якого $M = M_1 = 300 \text{ Н}\cdot\text{м}$.

Як видно із графіків рис.2 і 3, процес гальмування барабана лебідки триває приблизно 0,9 с і супроводжується динамічними явищами, які суттєво впливають на навантаження елементів бурової установки. Після зупинки барабана лебідки механічні коливання набувають затухаючого характеру.

Побудована математична модель може бути використана в системах автоматизованого проектування бурових установок з метою врахування динамічних явищ у розрахунках на міцність і довговічність елементів підіймальних механізмів, висотних споруд і бурильних колон.

1. Ашавский А.М., Вольперт А.Я., Шейнбаум В.С. и др. Динамика талевой системы при спуске // Изв. вузов. Нефть и газ. 1974. № 3. С.31–34. 2. Баграмов Р.А. Буровые машины и комплексы. М., 1988. 3. Ибрагимов В.А., Гаджиев А.А. Исследование движения колонны труб для мягкой посадки ее на ротор // Изв. вузов. Нефть и газ. 1992. № 1–2. С.29–31. 4. Ильский А.Л., Миронов Ю.В., Чернобыльский А.Г. Расчет и конструирование бурового оборудования. М., 1985. 5. Курбанов Г.Я., Машедова П.М. Определение напряжений, возникающих в бурильной колонне при спуске ее в скважину // Изв. вузов. Нефть и газ. 1973. № 5. С.35–38. 6. Раджабов С. А. О выборе допускаемой скорости спуска бурильной колонны // Изв. вузов. Нефть и газ. 1980. № 2. С.33–38. 7. Харченко Е.В. Динамические процессы буровых установок. Львов, 1991. 8. Юртаев В.Г. Динамика буровых установок. М., 1987.

УДК 539.3

Юськів В.М., Дзюбик А.Р., Назар І.Б.,* Березюк Т.Б.

*ДУ "Львівська політехніка", кафедра обладнання і технології зварювального виробництва, Львівський національний університет ім. І.Франка

ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ МАГІСТРАЛЬНИХ ТРУБОПРОВІДІВ УЛЬТРАЗВУКОВИМ МЕТОДОМ

© Юськів В.М., Дзюбик А.Р., Назар І.Б., Березюк Т.Б., 2000

Запропоновано нову методику обробки результатів ультразвукової діагностики напруженого стану магістральних трубопроводів. Представлено її програмну реалізацію.

Дослідження напруженого стану конструкцій – обов'язковий етап створення нових машин і споруд, зміни режиму їх роботи, оцінки надійності в експлуатації. Особливо зростає важливість цього етапу у зв'язку з сьогодишньою тенденцією до експлуатації конструкцій, що вичерпали свій ресурс, зокрема це стосується магістральних трубопроводів:

більшість з них працює понад 20–25 років і, відповідно, потребує науково обґрунтованих методів технічного діагностування з метою усунення можливостей виникнення аварійних ситуацій [1]. Використання для цього фізичних, а особливо неруйнівних методів, що базуються на визначенні внутрішніх процесів, які відбуваються в тілі, є актуальним та доцільним. До таких можна віднести метод акустотензометрії, який дає змогу визначати напруження не тільки в моделях, але і безпосередньо в натурних виробках, а також дає можливість розрізняти без додаткових процедур головні напруження.

За допомогою цього методу можна проаналізувати одно- і двовісний напружений стан без руйнування виробу. В основу його покладено взаємозв'язок швидкості поширення ультразвукових хвиль у певному напрямку залежно від величини і знака механічних напружень. При відомих фізико-механічних характеристиках матеріалу визначення напружень зводиться до вимірювання швидкості розповсюдження поперечної хвилі у двох взаємно перпендикулярних напрямках дії головних напружень OX_2 та OX_3 , причому хвиля розповсюджується перпендикулярно до площини дії головних напружень у напрямку OX_1 .

Акустичні рівняння, які практично використовуються, описують залежність відносної зміни швидкості поширення поперечних хвиль від величини напружень і мають такий вигляд [2]:

для одноосного напруженого стану —

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{33} &= k \left[(\Delta C_{X3} - \Delta C_{X2}) - \Delta C_{X0} \right] \\ \Delta C_{X3} &= C_{X3} - C_{X30} \\ \Delta C_{X2} &= C_{X2} - C_{X20} \\ \Delta C_{X0} &= C_{X30} - C_{X20} \end{aligned} \right\}; \quad (1)$$

для двоосного —

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{33} + \sigma_{22} &= K_2 \left(-2(\Delta C_{X3} + \Delta C_{X2} - 1.143\Delta C_1) \right) \\ \sigma_{33} - \sigma_{22} &= K_1 \cdot 2(\Delta C_{X3} - \Delta C_{X2}) \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

де σ_2 і σ_3 – головні напруження; C_{X2} , C_{X3} , C_{X20} , C_{X30} – швидкості розповсюдження поперечних хвиль, поляризованих у відповідних головних площинах відповідно в навантаженому і ненавантаженому об'єкті; K , K_1 , K_2 — емпіричні коефіцієнти.

Швидкості поширення ультразвукових хвиль в різних середовищах залежать від багатьох фізико-механічних параметрів цих середовищ. Вплив механічних напружень на зміну швидкостей настільки малий, що проявляється аж у 5-му або 6-му знаку їх дійсних значень. У зв'язку з цим для таких замірів потрібен прилад, який дав би змогу з великою точністю визначати ці швидкості.

Такі вимоги задовільняє прилад "HUPETRON-Z" — виробництва Чехії.

Емпіричні коефіцієнти, що входять у розрахункові формули (1), (2), визначаються експериментальним методом, шляхом проведення тарування окремо для кожного матеріалу і його конкретної товщини.

Для обробки отриманих даних в комплектації прилада передбачено мікрокалькулятор "CASIO fx-7700GH". В його ППЗУ введено програми для визначення тарувальних коефіцієнтів, механічних напружень і товщин, коли необхідно повторити замір; усі процедури по запуску програми потрібно поновлювати.

З метою систематизації результатів досліджень, створення банків даних замірів, а також автоматичної їх реєстрації з виведенням протоколів на комп'ютерній мові Delphi 4, було розроблено пакет прикладних програм для ПК.

Розроблене програмне забезпечення складається з трьох основних програм: програми для заміру одноосного напруженого стану, програми для визначення двоосного напруженого стану (рис.1) і програми для визначення товщини (рис.2).

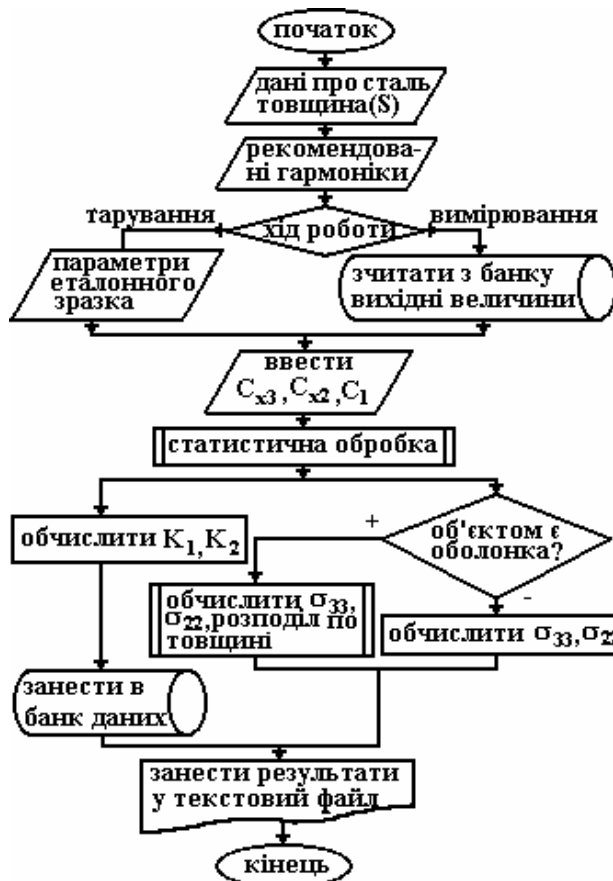


Рис.1. Блок-схема програми для замірювання двоосного напруженого стану

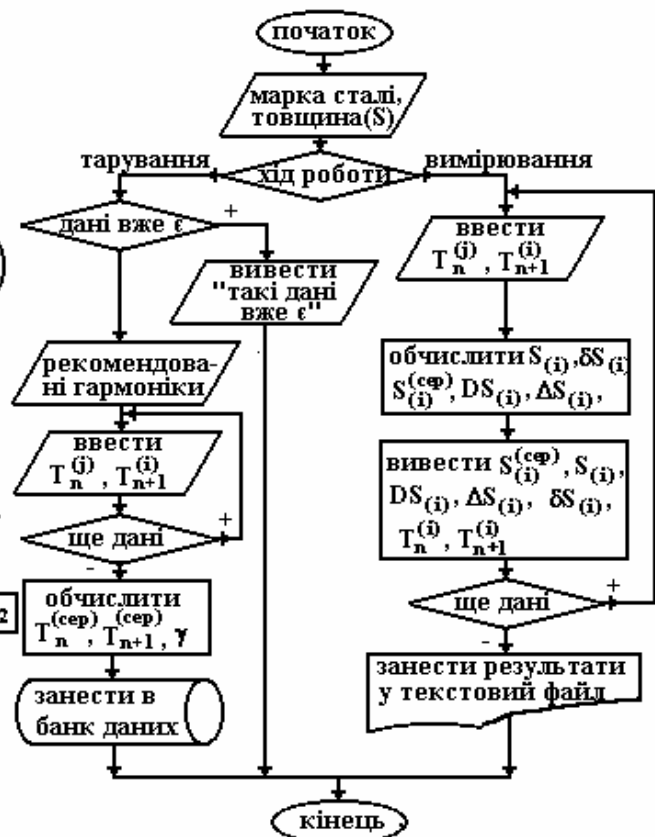


Рис.2. Блок-схема програм для замірювання товщини

При розгляді напруженого стану труб, в деяких випадках необхідно використовувати тривісну модель, враховуючи зміну напружень по товщині, однак ультразвуковий метод дає тільки середньоінтегральні значення по поперечному перерізу досліджуваного металу, які можуть суттєво відрізнитись від максимальних. Визначення об'ємного напруженого стану трубчастих конструкцій, що перебувають під дією внутрішнього тиску, стає можливим тільки у випадку, коли можливо встановити зв'язок між усередненими значеннями напружень і їх розподілом по товщині. З цією метою в програмний блок було введено підпрограму, яка дає змогу здійснити перехід від середньоінтегрального значення окружних напружень, до реального їх розподілу по товщині стінки [3].

Програми для обчислення одноосного та двоосного напруженого станів майже ідентичні і відрізняються тільки вихідними даними та обрахунковими формулами. В обох випадках вони передбачають дослідження еталонних зразків. За результатами цих досліджень будуються регресійні моделі швидкостей поширення поперечних хвиль вздовж головних осей

(C_{x3} , C_{x2}), які далі використовуються при визначенні тарувальних коефіцієнтів. Приклад побудови таких моделей показано на рис.3.

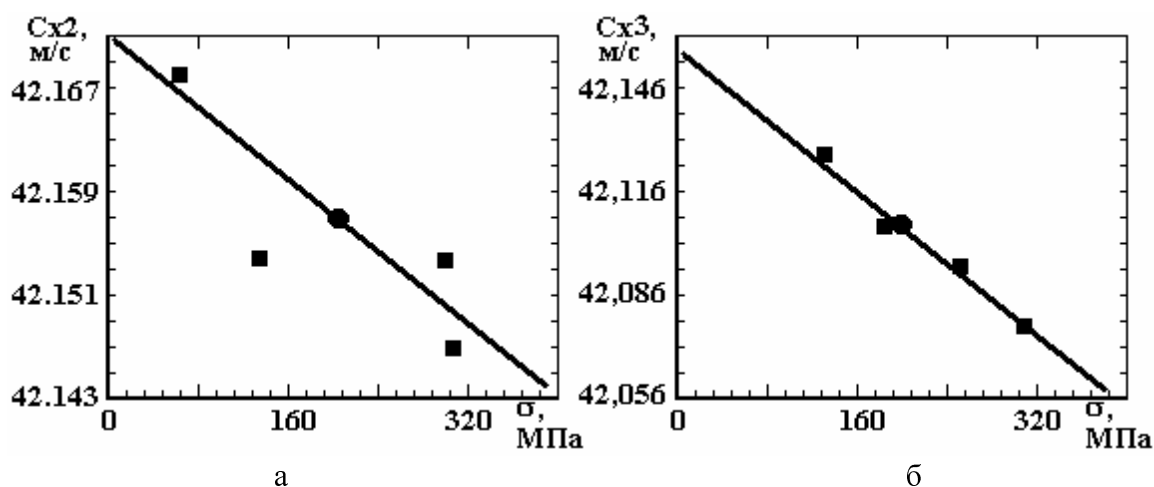


Рис.3. Швидкість поширення поперечної хвилі вздовж головних осей в еталонному зразку із сталі 17 ГС:
а – $C_{x2} = 42,157$; б – $C_{x3} = 42,106$

Порівняння тарувальних коефіцієнтів, які отримані на різних частотах автоциркуляції, зручніше проводити, якщо прив'язати їх до деякої базової частоти (умовні коефіцієнти тарування). Тарування для одноосного напруженого стану проводиться на прямокутному зразку, а для плоского – на круглому, що стискається по діаметру точково зосередженою силою. Програма для розрахунку товщини зразка передбачає використання коефіцієнта пропорційності, який може бути взятий із сформованого банку даних або визначений для конкретної марки матеріалу. Програми включають статистичну обробку отриманих величин.

Результати досліджень заносяться у банк даних і в текстовий файл у вигляді протоколу вимірювань. Окремо формується файл із значеннями умовних коефіцієнтів, а також усіх проміжних величин і даних, що були введені в програму чи розраховані в процесі визначення напруженого стану.

Запропоновано підхід, що може бути використаний для неруйнівного вимірювання напружень в елементах металоконструкцій, зокрема трубопроводів, у процесі виготовлення та експлуатації, а також для діагностування їх залишкового ресурсу роботи.

1. Лобанов Л., Гиренко В., Рабкіна М. Деякі результати технічної діагностики трубопроводів і посудин у нафтохімічній промисловості // *Машинознавство*. 1999. № 7. С.3–7.
2. Гузь А.Н., Махорт Ф.Г., Гуца О.И. Введение в акустоупругость. К., 1977.
3. Юськів В.М., Дзюбик А.Р. Розрахунково-експериментальний метод визначення напружень в оболонках // *Вісн. ДУ "Львівська політехніка"*. 1999. № 376. С.66–69.