

УДК 519.6

ВИЗНАЧЕННЯ МЕХАНІЧНИХ КОНСТАНТ ВКЛАДИШУ ДЕЙДВУДНОГО ПІДШИПНИКА

Мотайло А. П., старший викладач кафедри природничо-наукової підготовки
Херсонська державна морська академія, ORCID: 0000-0002-4517-9580

Для вирішення задачі покращення службових характеристик складових дейдвудного пристрою використовують матеріали, зокрема, полімери, фізико-механічні властивості яких потребують додаткового вивчення. Дана робота присвячена визначенню механічних констант у вигляді модуля Юнга та коефіцієнту Пуассона вкладишу дейдвудного підшипника, який виготовлено з полімерного матеріалу Thordon cotrac. Модуль поздовжньої пружності матеріалу вкладишу отримано аналітично-експериментальним способом і випробуванням на осьове стиснення. Аналітично-експериментальний спосіб визначення модуля Юнга оснований на розрахунку місцевих деформацій, які виникають у матеріалі вкладишу під дією індентора на ділянці малих розмірів, методом скінченних елементів та шляхом механічного випробування вкладишу. Коефіцієнт Пуассона обчислено експериментально. Знайдено статистичні оцінки непрямих вимірювань механічних констант матеріалу вкладишу. Побудовано довірчі інтервали для оцінки випадкових величин значень модуля Юнга та коефіцієнта Пуассона. Проведено порівняльний аналіз даних про пружні характеристики матеріалу випробуваного вкладишу дейдвудного підшипника, які надано виробником, та результатів експериментів.

Ключові слова: вкладиш дейдвудного підшипника, полімерний матеріал, модуль Юнга, коефіцієнт Пуассона, метод скінченних елементів.

DOI: 10.33815/2313-4763.2019.2.21.163-171

Вступ. Полімерні матеріали (ПМ) достатньо широко використовують у суднобудуванні при створенні функціональних покриттів і виготовленні технологічного обладнання. Основними перевагами ПМ є антикорозійна стійкість, звукопоглинання, мала теплопровідність, немагнітність. Для забезпечення якості готової продукції з полімерів і надійності роботи судових конструкцій, що їх використовують, проєктні компанії, що обслуговують суднобудівну галузь, мають перевіряти інформацію про механічні властивості ПМ, яка міститься у супровідній документації готових виробів.

Одним з основних судових обладнань є дейдвудний пристрій, який складається з дейдвудної труби, кормового та носового підшипників й ущільнень. Довговічність, безпека, ремонтпридатність та екологічна чистота дейдвудних пристроїв суден залежить від використання ПМ вкладишів дейдвудних підшипників (ДП), а також з'єднань ущільнень. Отже, актуальною є задача дослідження механічних властивостей матеріалів складових дейдвудного пристрою з метою покращення їх службових характеристик.

Аналіз останніх досягнень та публікацій. У роботі [1] проведено аналіз та алгоритмізацію визначення технологічних, міцнісних та експлуатаційних параметрів високополімерів, що використовують при виробництві дейдвудних пристроїв, в результаті якого якість ДП підвищено шляхом уточнення розрахункових параметрів та контролю якості ПМ.

У роботі [2] на основі аналізу умов експлуатації та конструкцій дейдвудних пристроїв різних типів, а також матеріалів вкладишів ДП, їх механіко-фізичних та механіко-хімічних властивостей проблему збільшення строків служби дейдвудних пристроїв у рамках програми захисту моря вирішено шляхом розробки оптимальних конструкцій поліамідних ДП та технології їх виробництва.

У роботі [3] вивчається залежність працездатності судового валопроводу від значення коефіцієнта жорсткості матеріалу вкладишу ДП, який характеризує механічні властивості матеріалу ДП. При цьому точність визначення коефіцієнту жорсткості безпосередньо впливає на розрахунок статичних та динамічних навантажень на судовий валопровід.

У даній роботі пропонується визначення пружних характеристик у вигляді модуля Юнга та коефіцієнта Пуассона матеріалу вкладишу ДП, виготовленого з ПМ Thordon

сompac. За даними компанії виробника Thordon Bearings Inc. [4] результати механічних випробувань усереднюються для партій готових виробів кожні 5–10 років для матеріалів, серед яких не вказаний Thordon compac.

Мета роботи – уточнення даних про значення механічних констант технічної документації виробника Thordon Bearings Inc., які використовують для розрахунку контактного тиску між гребним валом та вкладишем ДП, що визначає знос останнього.

Викладення основного матеріалу. Для проведення серії експериментів даного дослідження використано вкладиш ДП Thordon Compac гребного вала (рис.1), який виготовлено з еластомірного полімерного сплаву. Випробування вкладишу проведено двома способами: аналітично-експериментальним [5] та випробуванням на осьове стиснення.

Аналітично-експериментальний спосіб. Модель випробуваного вкладишу (рис. 2) піддається навантаженню P у напрямку, нормальному до поверхні, яке є результатом дії індентора на ділянці Ω , що є проекцією круга діаметра d на поверхню виробу.

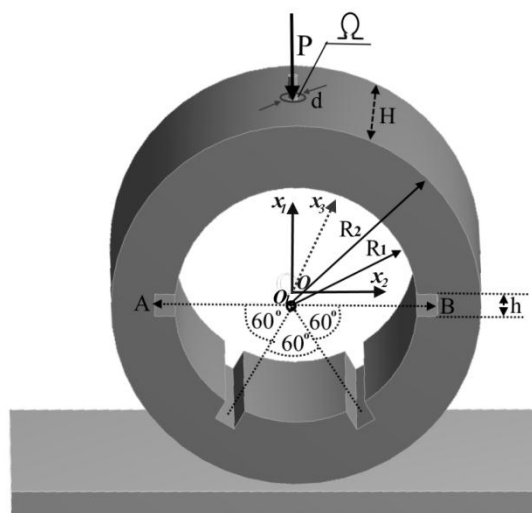


Рисунок 1 – Вкладиши ДП Thordon compac

Рисунок 2 – Модель випробуваного вкладишу

Лінійні переміщення u_i у ізотропному пружному матеріалі, яким є еластомір Thordon compac, задовольняють системі рівнянь Ламе [6]:

$$\nabla^2 u_i + \frac{1}{1-2\nu} \cdot \frac{\partial \Theta}{\partial x_i} = 0, \quad i = \overline{1,3}, \quad (1)$$

де $\nabla^2 = \partial^2 / \partial x_1^2 + \partial^2 / \partial x_2^2 + \partial^2 / \partial x_3^2$ – оператор Лапласа, u_i – переміщення вздовж координатної осі Ox_i ; x_i – прямокутні декартові координати; ν – коефіцієнт Пуассона; $\Theta = \partial u_1 / \partial x_1 + \partial u_2 / \partial x_2 + \partial u_3 / \partial x_3$.

Позначимо $S_1 = \{(x_1, x_2, x_3): x_1^2 + x_2^2 = R_2^2, 0 \leq x_3 \leq H\}$,

$$l = \begin{cases} x_1 = -R_2; \\ x_2 = 0; \\ 0 \leq x_3 \leq H; \end{cases}$$

$$\Omega = \left\{ (x_1, x_2, x_3): x_1^2 + x_2^2 = R_2^2, x_2^2 + \left(x_3 - \frac{H}{2}\right)^2 \leq \frac{d^2}{4}, x_1 > R_1 \right\}.$$

Сформулюємо граничні умови:

$$\sigma_{ii}|_{\Omega} = 0 \quad (i = 2,3), \quad \sigma_{ij}|_{\Omega} = 0 \quad (i, j = \overline{1,3}, i \neq j), \quad \sigma_{11}|_{\Omega} = P/A \quad (2)$$

де σ_{ij} – механічні напруження; A – площа області $\Omega \in S_1$ прикладеного навантаження;

$$u_i|_l = 0 \quad (i = \overline{1,3}); \quad (3)$$

$$\sigma_{ij}|_{S(\Omega \cup l)} = 0 \quad (i, j = \overline{1,3}), \quad (4)$$

де S – повна поверхня моделі вкладишу.

Розв'язок задачі (1)–(4) знайдемо методом скінченних елементів (МСЕ), використовуючи авторське програмно-методичне забезпечення та засобами універсальної програмної системи скінченно-елементного аналізу (СЕА) ANSYS.

У табл. 1 представлено результати розрахунків переміщень u_1 , що виникають у матеріалі випробуваного вкладишу на площадці Ω при статичному навантаженні $P = 78,32$ Н та відповідають геометричним розмірам моделі: $R_1 = 25,425$ мм, $R_2 = 37,835$ мм, $H = 50,8$ мм, $h = 4,4$ мм, $AB = 59,57$ мм, $d = 2$ мм.

Таблиця 1 – Локальні переміщення u_1 (мм)

Матеріал	Характеристики пружності		Види скінченно-елементних решіток		
			Тетраедр, октаедр	ANSYS	
	E (ГПа)	ν		гексаедр	тетраедр
Thordon compac	1	0,33	0,11432	0,11511	0,11151
		0,37	0,11138	0,11286	0,10930
		0,41	0,10925	0,11026	0,10674
		0,45	0,10578	0,10726	0,10375
		0,49	0,10212	0,10376	0,09994

Для проведення механічного випробування вкладиш дейдвудного підшипника встановлюється на жорстку основу та навантажується у напрямку, нормальному до поверхні (рис. 3).

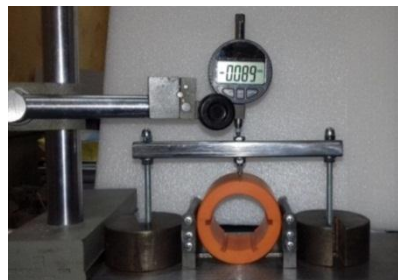


Рисунок 3 – Випробування вкладишу на стиснення за допомогою індентора

Діаграму навантажень зображено на рис. 4.

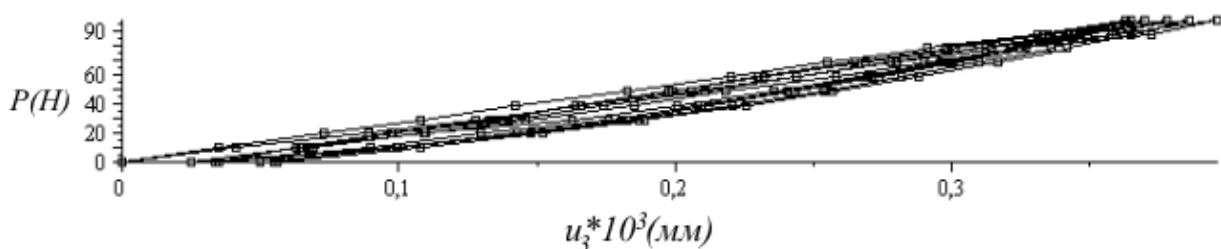


Рисунок 4 – Діаграма навантажень вкладишу

Для лінійного участку залежності нормальних деформацій матеріалу виробу від навантаження знаходимо середнє значення вертикальних переміщень за формулою:

$$u_{сер} = \frac{P}{n} \sum_{i=1}^n \frac{u_i - u_{i-1}}{P_i - P_{i-1}} \quad (i, j = \overline{1,3}),$$

де n – кількість грузів; u_i – деформації, що відповідають навантаженням P_i ($i = \overline{1, n}$), причому $P = \sum_{i=1}^n P_i$.

При $n = 8$ маємо $u_{\text{сеп}} \approx 0,274$ мм.

Для розрахунку модуля Юнга скористаємось формулою [7]:

$$E_e = \frac{E_m \cdot u_m}{u_e}, \quad (5)$$

де E_e – шуканий модуль Юнга вкладишу; E_m – модуль Юнга, обраний для розрахунку переміщень МСЕ; u_e – переміщення, знайдені експериментально; u_m – переміщення, знайдені МСЕ.

Результати розрахунку модуля поздовжньої пружності аналітично-експериментальним способом представлені в табл. 2.

Таблиця 2 - Розрахунок модуля Юнга для $E_m = 1$ (ГПа), $u_e = 0,274$ (мм)

Матеріал	Види скінченно-елементних решіток	ν	u_m (мм)	E_e (МПа)
Thordon compac	Тетраedr, октаedr	0,33	0,11432	417
	ANSYS (гексаedr)		0,11511	420
	ANSYS (тетраedr)		0,11151	407
	Тетраedr, октаedr	0,35	0,11234	410
	ANSYS (гексаedr)		0,11363	415
	ANSYS (тетраedr)		0,11021	402
	Тетраedr, октаedr	0,41	0,10925	399
	ANSYS (гексаedr)		0,11026	402
	ANSYS (тетраedr)		0,10674	390
	Тетраedr, октаedr	0,45	0,10578	386
	ANSYS (гексаedr)		0,10726	391
	ANSYS (тетраedr)		0,10375	379
	Тетраedr, октаedr	0,49	0,10212	373
	ANSYS (гексаedr)		0,10376	379
ANSYS (тетраedr)	0,09994		365	

За даними розрахунків очевидно, що значенням коефіцієнту Пуассона у припустимому для еластичних матеріалів інтервалі $\nu \in [0,3; 0,5]$, до яких відноситься полімер Thordon compac, відповідають значення модуля Юнга в інтервалі $E \in [365 \text{ МПа}; 420 \text{ МПа}]$.

Експериментальний спосіб. Для визначення коефіцієнту Пуассона та модуля поздовжньої пружності матеріалу вкладишу проводяться стандартні випробування на стиснення вздовж поздовжньої осі на універсальній машині УМ-5 (рис. 5).

Зразок вкладишу у вигляді готового виробу встановлюється між захватами випробувальної машини. Поздовжні деформації зразка вимірюються чотирма мікрометричними головками МИГ 1 ГОСТ 9696-82, які розміщено симетрично у двох ортогональних площинах, а зміни розміру зовнішнього діаметра вкладишу – електронним штангенциркулем № 5к 150 мм $\pm 0,01$ мм.

Розрахунок модуля Юнга матеріалу вкладишу виконується за формулою лінійної теорії пружності $E = \frac{\sigma_3}{\varepsilon_3}$, де ε_3 – відносне стиснення висоти H вкладишу, що відповідає напруженню σ_3 у напрямку, перпендикулярному перерізу моделі виробу площиною Ox_1x_2 [8].



Рисунок 5 – Випробування вкладишу на УМ-5

Нормальне напруження визначається формулою $\sigma_3 = \frac{F}{A}$, де F – навантаження, розподілене по площині A перерізу вкладишу (рис. 6).

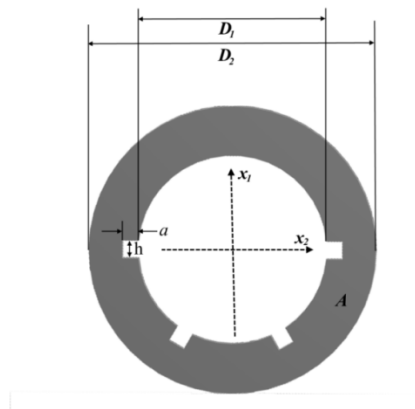


Рисунок 6 – Переріз моделі вкладишу

Відповідні деформації $\varepsilon_3 = \frac{\Delta u_{3,сеп}}{H}$, де H – висота виробу.

Величина $\Delta u_{3,сеп}$ обчислюється за формулою:

$$\Delta u_{3,сеп} = \frac{F}{2mnk} \sum_{i=1}^{2mnk} \frac{u_{3,i} - u_{3,i-1}}{F_i - F_{i-1}}, \quad (5)$$

де m – кількість циклів навантажень/розвантажень, n – кількість випробувань в одному циклі, k – кількість датчиків вимірювання деформацій матеріалу, F_i – навантаження у i -ому випробуванні, $u_{3,i}$ – переміщення, що відповідають навантаженню F_i , причому

$$F = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (F_i - F_{i-1}).$$

Для вкладишу геометричних розмірів $D_i = 2R_i$ ($i = \overline{1, 2}$), $a = 4,36$ мм площа перерізу становить $A = \pi(R_2^2 - R_1^2) - 4ah \approx 2382,61$ мм.

За двома циклами випробувань при $n = 7$, $k = 4$ та $F = 200$ кгс маємо:

$$\sigma_3 = \frac{F}{A} \approx 0,82263 \text{ МПа};$$

$$\varepsilon_3 = \frac{\Delta u_{3, \text{сер}}}{H} \approx 2,0324 \cdot 10^{-3};$$

$$E \approx 405 \text{ МПа}.$$

Коефіцієнт Пуассона обчислюємо за формулою:

$$\nu = -\frac{\varepsilon_D}{\varepsilon_3},$$

де $\varepsilon_D = \frac{\Delta D_{\text{сер}}}{D}$ – відносна деформація у радіальному напрямку перерізу, причому

$$\Delta D_{\text{сер}} = \frac{1}{2mn} \sum_{i=1}^{2mn} \Delta D, \text{ де } D \in [D_1, D_2].$$

Для $D = D_2$ маємо:

$$\nu = \frac{5,3275 \cdot 10^{-2} / 75,67}{2,0324 \cdot 10^{-3}} \approx 0,35.$$

Оцінка погрішності експерименту. Для рівняння (5) у якості оцінки \hat{E}_e істинного значення модуля Юнга прийнято величину $\hat{E}_e = \frac{E_m \cdot \hat{u}_m}{\hat{u}_e}$, де \hat{u}_m , \hat{u}_e – оцінки відповідних деформацій. Погрішність оцінки \hat{E}_e визначено за допомогою стандартних вибірових відхилень S_{E_e} випадкових та σ_{E_e} систематичних похибок [9, 10]:

$$S_{E_e} = E_m \cdot \sqrt{\left(\frac{1}{\hat{u}_e}\right)^2 \cdot S_{\hat{u}_m}^2 + \left(\frac{\hat{u}_m}{\hat{u}_e^2}\right)^2 \cdot S_{\hat{u}_e}^2};$$

$$\sigma_{E_e} = E_m \cdot \sqrt{\left(\frac{1}{\hat{u}_e}\right)^2 \cdot \sigma_{u_m}^2 + \left(\frac{\hat{u}_m}{\hat{u}_e^2}\right)^2 \cdot \sigma_{u_e}^2};$$

де $S_{\hat{u}_m}$, $S_{\hat{u}_e}$ – вибірові стандартні відхилення середніх арифметичних, σ_{u_m} , σ_{u_e} – систематичні похибки значень деформацій, розрахованих теоретично та експериментально.

Довірчий інтервал визначається за формулою

$$\Delta = t_{\alpha, n} \cdot \sigma,$$

де $t_{\alpha, n}$ – коефіцієнт Стюдента, $\sigma = \sqrt{S_{E_e}^2 + \sigma_{E_e}^2}$ – сумарна погрішність непрямого вимірювання модуля Юнга аналітично-експериментальним способом.

Для об'єму вибірки $n = 120$ із коефіцієнтом довіри $\alpha = 0.95$ маємо: $\hat{E}_e = 415$ МПа, $\Delta = 33$ МПа, тобто $E_e = 415 \pm 33$ МПа при $\nu = 0.35$.

Відносна похибка розрахунку модуля поздовжньої пружності аналітично-експериментальним способом становить 3,8 %.

Для оцінки погрішності визначення модуля Юнга за формулою $E = \frac{\sigma_3}{\varepsilon_3}$, де $\sigma_3 = \sigma_3(D_1, D_2, F)$, $\varepsilon_3 = \varepsilon_3(u_3, H)$ застосовано формулу випадкової похибки [10, 11]:

$$\Delta E = \sqrt{\left(\frac{\partial E}{\partial D_1} \Delta D_1\right)^2 + \left(\frac{\partial E}{\partial D_2} \Delta D_2\right)^2 + \left(\frac{\partial E}{\partial F} \Delta F\right)^2 + \left(\frac{\partial E}{\partial u_3} \Delta u_3\right)^2 + \left(\frac{\partial E}{\partial H} \Delta H\right)^2},$$

де ΔD_1 , ΔD_2 , ΔH , ΔF , Δu_3 – приладові похибки.

Для середніх значень вимірюваних величин D_1 , D_2 , H , F , u_3 при об'ємі вибірки $n=100$ з коефіцієнтом довіри 0.95 маємо: $\hat{E} = 405$ МПа, $\Delta E = 35$ МПа, тобто $E = 405 \pm 35$ МПа при $\nu = 0.35 \pm 0.01$. Відносна похибка розрахунку модуля Юнга випробуванням на осьове стиснення становить 4,4 %, коефіцієнту Пуассона – 2 %.

Висновки. 1. У даній роботі двома способами: аналітично-експериментальним та випробуванням на осьове стиснення готового виробу, – отримані значення механічних констант у вигляді модуля Юнга та коефіцієнта Пуассона матеріалу вкладишу ДП Thordon comras. Модуль поздовжньої пружності матеріалу вкладишу визначений із відносними похибками 3,8 % при застосуванні аналітично-експериментального способу та 4,4 % при випробуванні на УМ-5. Коефіцієнт Пуассона розраховано із відносною похибкою 2 %. При цьому отримані значення механічних характеристик суттєво відрізняються від наданих компанією виробником Thordon Bearings Inc. Згідно документації модуль Юнга $E = 605$ МПа, коефіцієнт Пуассона $\nu = 0.45$. Такі відхилення можуть бути результатом одиночного випробування з визначення механічних констант матеріалу випадково обраного зразка з партії готової продукції у вигляді вкладишів ДП Thordon comras.

2. Отримані результати можуть бути використані для розрахунків дейдвудних пристроїв транспортних суден, валів нафто та газовидобувних платформ, гідроенергетичних турбін, насосів.

3. Дослідження механічних властивостей вкладишу ДП Thordon comras проведено у лабораторії ХДМА «Полімерні композитні матеріали в суднобудуванні» за запитом приватного підприємства «Інтелектуальні морські технології» (м. Миколаїв). Одержані результати використовуються у розрахунках рухово-рушійних комплексів морських транспортних суден.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Одиноква О.А. Теоретические основы использования полимерных материалов в технологии судостроения: дис. ... д-ра техн. наук: 05.08.04 / Хабаровск, 1999. 318 с.
2. Бузков В. А. Підвищення службових властивостей матеріалів для розвитку суднових дейдвудних обладнань та захисту моря / автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Київ, 1999. 46 с.
3. Мамонтов В. А., Халявкин А. А., Кушнер Г. А., Разов И. О. Оценка влияния жесткости материала кормового дейдвудного подшипника на работоспособность судового валопровода. *Вестник АГТУ*. Сер.: Морская техника и технология. Астрахань, 2017. № 4. С. 80–85.
4. Смазываются морской водой подшипники гребного вала. Thordon Engineering Manual Version E2006.1. Ontario. 2006. URL: file:///C:/Users/User/Downloads/THORDON%20Engineering_Manual_A4-1_copy.pdf (дата звернення: 13.11.2019).
5. Мотайло А.П. Аналітично-експериментальний спосіб визначення модуля Юнга. *Вісник ХНТУ*. Херсон, 2018. №4 (67). С. 98–104.
6. Демидов С. П. Теория упругости. Москва, 1979. 432 с.
7. Пат. КМ 130254 Україна. Спосіб визначення модуля поздовжньої пружності зразків матеріалів та готових виробів. Опубл. 26.11.2018.
8. Самуль В.И., Русаков В.С. Основы теории упругости и пластичности. Москва, 1970. 288 с.
9. Митин И.В. Анализ и обработка экспериментальных данных. Учебно-методическое пособие для студентов младших курсов Москва, 1998. 48 с.
10. Зайдель А.Н. Элементарные оценки ошибок измерений. Ленинград, 1968. 96 с.
11. Ефимова А.И., Зотеев А.В., Склянкин А.А. Общий физический практикум физического факультета МГУ. Погрешности эксперимента: Учебно-методическое пособие. Москва, 2012. 39 с.

REFERENCES

1. Odinkova O.A. Teoreticheskie osnovy ispolzovaniya polimernykh materialov v tehnologii sudostroeniya: dis. ... d-ra tehn. nauk: 05.08.04 / Habarovsk, 1999. 318 s.
2. Buzkov V. A. Pidvyschennia sluzhbovykh vlastyvostei materialiv dlia rozvytku sudnovykh deidvudnykh obladnan ta zakhystu moria / avtoref. dys. ... d-ra tekhn. nauk. Kyiv, 1999. 46 s.
3. Mamontov V. A., Halyavkin A. A., Kushner G. A., Razov I. O. Otsenka vliyaniya zhestkosti materiala kormovogo deydvudnogo podshipnika na rabotosposobnost sudovogo valoprovoda. Vestnik AGTU. Ser.: Morskaya tehnika i tehnologiya. Astrahan, 2017. №4. S. 80–85.
4. Smazyivayuschiesya morskoy vodoy podshipniki grebnogo vala. Thordon Engineering Manual Version E2006.1. Ontario. 2006. URL: file:///C:/Users/User/Downloads/THORDON%20Engineering_Manual_A4-1_copy.pdf (last accessed: 13.11.2019).
5. Motailo A.P. Analitychno-eksperymentalnyi sposib vyznachennia modulia Yunha. Visnyk KhNTU. Kherson, 2018. №4 (67). S. 98–104.
6. Demidov S. P. Teoriya uprugosti. Moskva, 1979. 432 s.
7. Pat. KM 130254 Ukraina. Sposib vyznachennia modulia pozdovzhnoi pruzhnosti zrazkiv materialiv ta hotovykh vyrobiv. Opubl. 26.11.2018.
8. Samul V.I., Rusakov V.S. Osnovy teorii uprugosti i plastichnosti. Moskva, 1970. 288 s.
9. Mitin I.V. Analiz i obrabotka eksperimentalnykh dannykh. Uchebno-metodicheskoe posobie dlya studentov mladshih kursov Moskva, 1998. 48 s.
10. Zaydel A.N. Elementarnyie otsenki oshibok izmereniy. Leningrad, 1968. 96 s.
11. Efimova A.I., Zoteev A.V., Sklyankin A.A. Obschiy fizicheskyy praktikum fizicheskogo fakulteta MGU. Pogreshnosti eksperimenta: Uchebno-metodicheskoe posobie. Moskva, 2012. 39 s.

Мотайло А. П. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ КОНСТАНТ ВКЛАДЫША ДЕЙДВУДНОГО ПОДШИПНИКА

Для решения задачи улучшения служебных характеристик составляющих дейдвудного устройства используют материалы, в частности, полимеры, физико-механические свойства которых требуют дополнительного изучения. Данная работа посвящена определению механических констант в виде модуля Юнга и коэффициента Пуассона вкладыша дейдвудного подшипника, изготовленного из полимерного материала Thordon comras. Модуль продольной упругости материала вкладыша получен аналитически-экспериментальным способом, а также испытанием на осевое сжатие. Аналитически-экспериментальный способ определения модуля Юнга основан на расчете локальных деформаций, которые возникают в материале вкладыша под действием индентора на площадке малых размеров, методом конечных элементов и путем механических испытаний. Коэффициент Пуассона определен экспериментально. Найдены статистические оценки непрямых измерений механических констант материала вкладыша. Получены достоверные интервалы для оценки случайных величин значений модуля Юнга и коэффициента Пуассона. Проведен сравнительный анализ упругих характеристик материала, предоставленных производителем, и найденных экспериментально.

Ключевые слова: вкладыш дейдвудного подшипника, полимерный материал, модуль Юнга, коэффициент Пуассона, метод конечных элементов.

Motailo A. P. DETERMINATION OF MECHANICAL CONSTANTS OF THE STERN TUBE BEARING

To solve the problem of improving the service characteristics of the components of a stern tube device, materials are used, in particular, polymers, the physical and mechanical properties of which require further study. This paper is devoted to the determination of mechanical constants as a Young's modulus and Poisson's ratio of a stern tube bearing made of a Thordon compac polymer material. The modulus of the longitudinal elasticity of the material was obtained by an analytical and experimental method, as well as by testing for axial compression. Analytical and experimental method for determining the Young's modulus is based on calculation of local deformations that occur in the stern tube bearing material under the action of an indenter on a small area by the finite element method and by mechanical tests. Poisson's ratio is determined experimentally. Statistical estimates of indirect measurements of mechanical constants of the stern tube bearing material are found. Trust intervals for estimating random variables of Young modulus and Poisson's ratios were obtained. In this work, in two ways: analytical-experimental and axial compression test of the finished product, - obtained values of mechanical constants in the form of Young's modulus and Poisson's coefficient of the material of the insert of DP Thordon compac. The modulus of longitudinal elasticity of the liner material is determined with a relative error of 3.8% when using the analytical-experimental method and 4.4 % when tested for UM-5. Poisson's ratio is calculated with a relative error of 2 %. The obtained mechanical characteristics are significantly different from those provided by the manufacturer Thordon Bearings Inc. According to the documentation, the Young's module MPa, Poisson's ratio. Such deviations can be the result of a single test to determine the mechanical constants of a material of a randomly selected sample from a batch of finished products in the form of inserts of SE Thordon compac. The obtained results can be used for calculations of the deudwood devices of transport vessels, shafts of oil and gas platforms, hydropower turbines, and pumps. Investigation of mechanical properties of the Thordon compac SE liner was carried out at the request of a private enterprise Intelligent Marine Technologies (Mykolayiv) at the CDMA Laboratory "Polymeric Composite Materials in Shipbuilding". The obtained results are used in the calculations of the motor-propulsion complexes of sea transport vessels.

Keywords: stern tube bearing, polymer material, Young's modulus, Poisson's ratio, finite element method.

© Мотайло А. П.

Статтю прийнято
до редакції 3.08.19