

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЕКТУВАННЯ ПІДШИПНИКІВ КОВЗАННЯ СУДНОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК

В. В. Іванов¹, С. В. Іванова², Г. В. Налєва³

¹Одеський національний політехнічний університет

²Південноукраїнський національний педагогічний університет
ім. К. Д. Ушинського,

³Національний університет «Одеська морська академія»,

У суднових енергетичних установках переважно використовують підшипники ковзання, що обумовлено наступними чинниками перед: можливість створення різноманітної конструкції, більша навантажувальна спроможність та швидкохідність ніж у підшипниках кочення, мінімальні габарити в радіальному напрямку [1]. Позначення, розміри, методика випробовувань та розрахунок підшипників ковзання стандартизовані. Саме розрахунок навантажувальної спроможності підшипників ковзання регламентується стандартами ISO 7902-1(2,3):2020, PD ISO/TR 31657-4 та DIN 31652-3. У всіх випадках розрахунок базується на результатах випробовувань отриманих при експериментах зі стандартними підшипниками ковзання. Незважаючи на прості розрахункові залежності проектування підшипників ковзання трудомісткий процес через необхідність використання великої кількості довідкових даних [2].

Автоматизація проектування деталей та вузлів машин реалізована в програмному комплексі MechSoft. Цей комплекс дозволяє, в тому числі, розраховувати підшипники ковзання (Рис.1). Реалізовані розрахунки відповідно до різних стандартів [3].

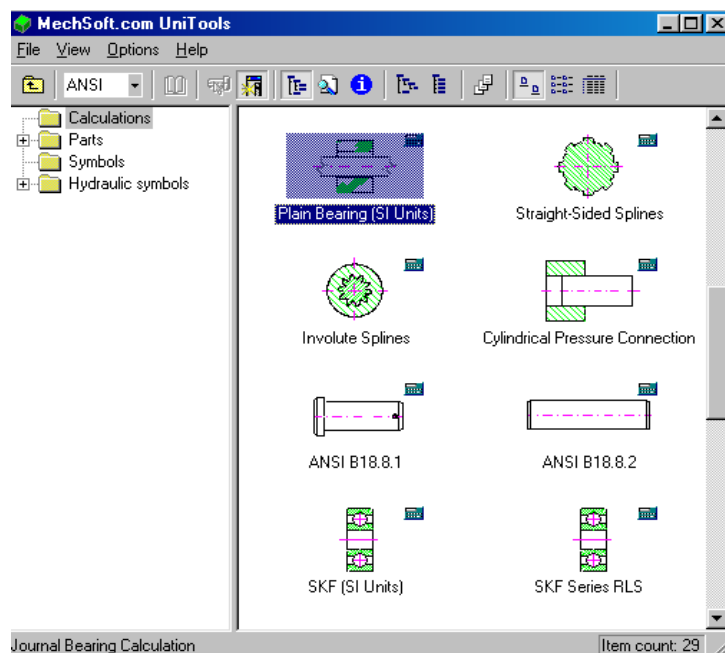


Рис. 1 – Загальний вигляд меню MechSoft

Вхідними даними для розрахунку підшипника ковзання є: діаметр d та довжина l , частота обертання валу n , радіальна сила, припустиме навантаження, матеріалу вкладиша, величину зазору, висоти мікронерівностей поверхонь шипа і підшипника, а також параметри мастила і способу подачі мастила (Рис. 2).

The screenshot shows the 'Plain Bearing Calculation' software interface. The window title is 'Plain Bearing Calculation : 1'. The menu bar includes 'File', 'Clipboard', 'Functions', 'Tools', and 'Help'. There are 'Calculate' and 'Database' buttons. The interface is divided into 'Input' and 'Results' tabs. The 'Input' tab is active and contains several sections:

- Bearing load:** Loading force W (12000 N), Journal speed n (1800 rpm), Circumferential journal speed (4.712 m/s).
- Journal material:** 130 MPa - Structural steel, Bending allowable stress (130 MPa).
- Bearing dimensions:** Journal diameter d (50 mm), Bearing length L (50 mm), Relative bearing length (1), Journal surface texture (0.4 micron), Bearing surface texture (0.8 micron), Bearing running-in considered, Diametral clearance (0.064 mm), Relative diametral clearance (0.001443).
- Bearing lubrication method:**
 - Lubricant inlet through hole/pocket or axial groove: Hole diameter or groove length (4 mm), Oil inlet position (0°).
 - Lubrication inlet through full circumferential/radial groove: Radial groove width (mm).
 - Wiping/splashing of heated oil.
- Operating conditions:** Ambient temperature of bearing (20 °C), Lubricant input temperature (40 °C), Lubricant input pressure (0 MPa), Lubricant (Bearing oil SAE 20; 20-W), Lubricant temperature at bearing exit (58 °C), Lubricant dynamic viscosity (0.0213 Pa s), Lubricant density at 20 °C (900 Kg/m³), Mesh size of oil filter (5 micron).

Buttons for 'Preview' and 'Advanced...' are located at the bottom right of the input section.

Рис. 2 - Вхідні дані до розрахунку

В результаті розрахунку отримуємо оцінку навантажувальної спроможності підшипника, з урахуванням всіх обмежень: максимального навантаження, частоти обертання валу, температури мастила та ін. (Рис.3). Важливою особливістю програми є розрахунок температури масла на основі рішення рівняння теплового балансу і розрахунку його фактичної в'язкості. Враховується також спосіб подачі мастила, діаметр і розташування впускного патрубку. Геометричні розміри підшипника вказані з урахуванням теплових деформацій валу і втулки.

Можливості закладені в даному програмному комплексі дозволяють проводити не тільки стандартні розрахунки. Серед параметрів які визначає програма є коефіцієнт тертя у підшипнику. Даний коефіцієнт тертя відповідає певному значенню зазору в підшипнику. Це дозволяє розв'язати задачу розрахунку коефіцієнту тертя в підшипнику при наявності перекосу валів.

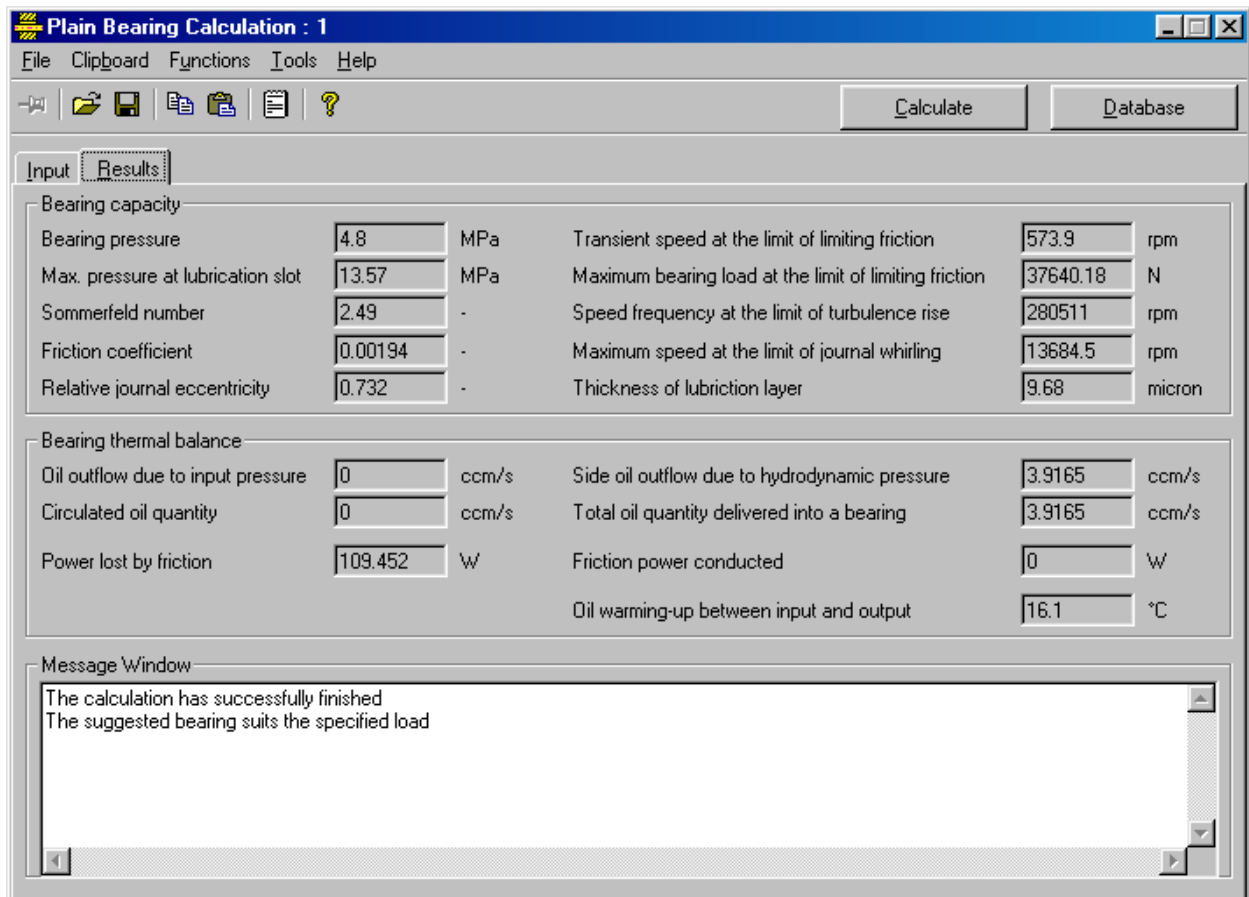


Рис. 3 – Результати розрахунку

Перекис валів призводить до змінного ексцентриситету по ширині підшипника. З ростом відносного ексцентриситету тиск зростає (Рис. 4).

Підшипник ковзання розподілено по ширині на ділянки. Втрати потужності на кожній визначають в залежності від коефіцієнту тертя f та тиску p .

$$N_{ii} = f_i p_i b_i d_i$$

Коефіцієнт тертя в підшипнику визначається на емпіричній залежності [4]

$$f = \phi * M$$

де M - коефіцієнт який визначений за числом Зоммерфельда, ϕ – відносний діаметральний зазор

Для кожної ділянки по ширині підшипника обчислюється значення коефіцієнта тертя. Коефіцієнт тертя для підшипника в цілому визначається за формулою [5]

$$f = \frac{f_1 A_1 + f_2 A_2 + \dots + f_n A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

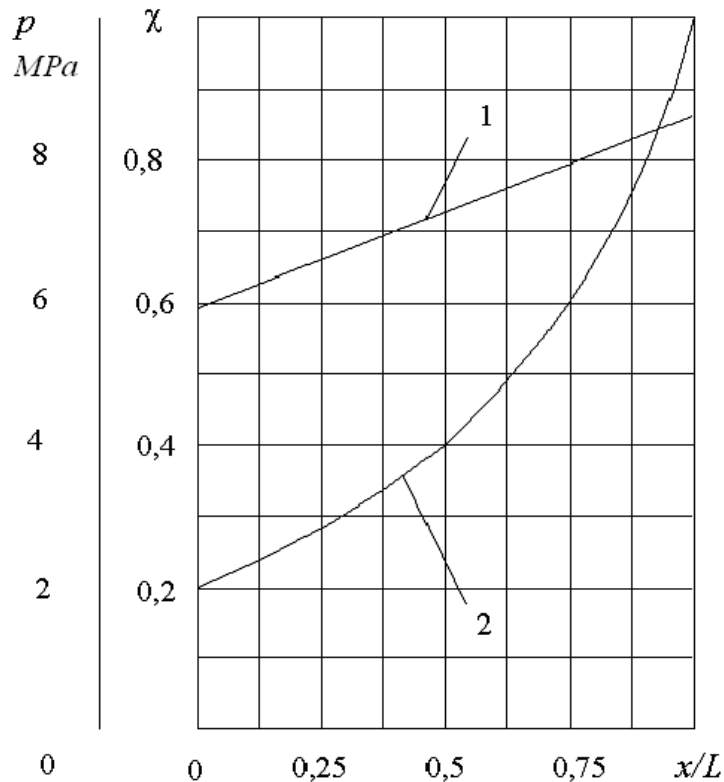


Рис. 4 – Зміна відносного ексцентриситету χ та тиску p по ширині підшипника

Запропонована методика дозволяє уточнити розрахунок ККД підшипника ковзання при гідродинамічному режимі роботи, за рахунок врахування пливу перекосу осей підшипника. Умовою застосування даної методики є збереження режиму гідродинамічного тертя.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Yeryganov, O., & Varbanets, R. (2018). Features of the fastest pressure growth point during compression stroke. *Diagnostyka*, 19.
2. Ivanov, V., Karaivanov, D., Ivanova, S., & Volkova, M. (2019). Gear mesh geometry effect on performance improvement for external gear pumps. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 287, p. 01007). EDP Sciences.
3. Иванов, В. В., Мотулько, Б. В., & Харсун, А. М. (2003). Автоматизация проектирования механических приводов. Одесса: АО Бахва, 135.
4. Gritsuk, I. V., Aleksandrov, V., Panchenko, S., Kagramanian, A., Sobol, O., Sobolev, A., & Varbanets, R. (2017). Features of Application Materials While Designing Phase Transition Heat Accumulators of Vehicle Engines (No. 2017-01-5003). *SAE Technical Paper*.
5. Дащенко, А. Ф., & Иванов, В. В. (2008). Трансформация конструкции машин с использованием метода графов. Сборник научных работ «Теория и практика процессов подрібнення, розділення, змішування та ущільнення». -2008.-Вип, 13, 34-43.