

АНАЛІЗ ВТОМИ МАТЕРІАЛУ ДЕТАЛІ «КРОНШТЕЙН» ПІД ДІЄЮ ЦИКЛІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розроблено тривимірну модель деталі «Кронштейн» за допомогою програми SOLIDWORKS. Деталь «Кронштейн» призначена витримувати циклічні навантаження та забезпечує роботу механізму вентилятора. Проведено аналіз втоми матеріалу для деталі «Кронштейн» за допомогою функції Fatigue. Знайдено залежність зміни терміну служби деталі «Кронштейн» від її геометричних параметрів.

Ключові слова: SOLIDWORKS, кронштейн, втома матеріалу, Fatigue.

Abstract

A three-dimensional model of the part "Bracket" was developed using the SOLIDWORKS program. The part "Bracket" is designed to withstand cyclic loads and ensures the operation of the fan mechanism. A fatigue analysis of the material for the part "Bracket" was performed using the Fatigue function. The dependence of the change in the service life of the part "Bracket" on its geometric parameters was found.

Keywords: SOLIDWORKS, bracket, material fatigue, Fatigue.

Вступ

Втомне руйнування залишається однією з головних причин виходу з ладу деталей машин [1, 2]. В умовах сучасного машинобудування [3, 4], де пріоритетами є зниження металоемності та підвищення енергоефективності, деталі проєктуються з меншими запасами міцності, але працюють у більш напружених режимах.

Актуальність даного дослідження зумовлена необхідністю прогнозування ресурсу деталей ще на етапі проєктування. Для мобільної техніки [5, 6] та гідравлічних систем [7, 8, 9] це критично важливо, оскільки вони працюють в умовах складного спектру навантажень (змінний тиск, вібрації, пускові моменти). Перехід від традиційних розрахунків "на статичну міцність" до аналізу довговічності (Fatigue Life Analysis) дозволяє уникнути катастрофічних поломок та зменшити вартість натурних випробувань.

Основними інженерними продуктами для дослідження втомної міцності є спеціальні CAE-системи, що працюють на основі методу скінченних елементів (MCE): nCode DesignLife, Ansys Mechanical, Autodesk Inventor [10, 11], SOLIDWORKS Simulation [12, 13] та інші.

Основна мета розробки — проведення розрахункового аналізу втоми матеріалу деталі «Кронштейн» для оцінки впливу на найбільш небезпечні зони її геометричних параметрів.

Результати дослідження

Деталь «Кронштейн» (рисунок 1) виконує свої функції не лише під впливом статичного навантаження, але й циклічного. Це пов'язано зі зміною частоти обертання вентилятора та відповідного навантаження, що може істотно позначитися на довговічності роботи такої деталі.

Для врахування особливостей циклічних навантажень запропоновано застосувати імітаційний модуль SOLIDWORKS Simulation, зокрема функцію «Fatigue», яка дозволяє моделювати вплив циклічних навантажень.

Перед налаштуванням функції «Fatigue» необхідно виконати попередній аналіз статичних напружень, для яких має враховуватись циклічний характер роботи. Особливістю цієї функції є здатність враховувати залежність міцності від зміни циклічного навантаження. Графік, що ілюструє зміну модуля пружності залежно від циклічності навантажень, наведено на рисунку 2.

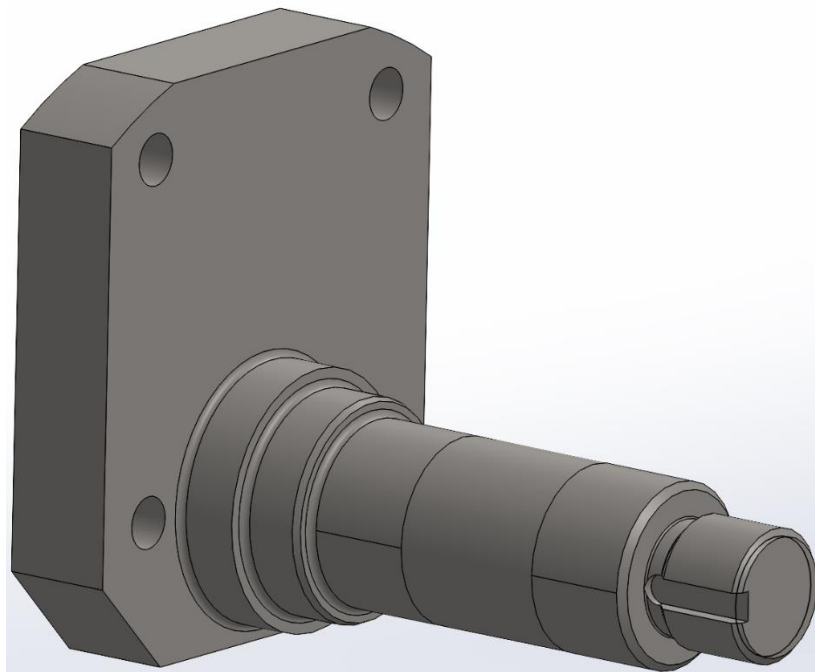


Рис. 1 – Тривимірний модель деталі «Кронштейн»

Математична модель втоми матеріалу в SOLIDWORKS Simulation базується на S-N кривій, побудованій на основі експериментальних даних для заданого матеріалу. У режимі постійної амплітуди (Constant Amplitude) напружень застосовано просте правило лінійного сумування пошкоджень. Аналіз передбачає введення кількості циклів навантаження. У нашому випадку встановлено один мільйон циклів із вибором режиму Fully Reversed (LR=-1), у якому навантаження змінює знак.

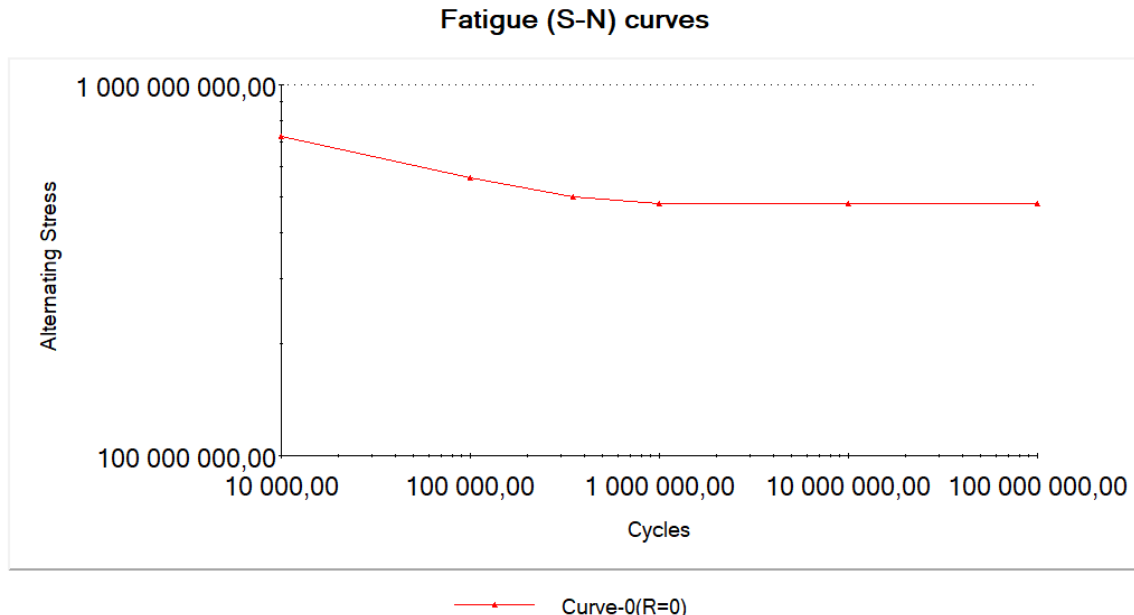


Рис. 2 – Крива S-N для сталі на основі кривих ASME згідно рекомендацій SOLIDWORKS

У результаті проведених розрахунків було виявлено ділянку на деталі «Кронштейн», яка зазнає значних навантажень і має ризик руйнування. Згідно з отриманими даними (рисунок 3), зона переходу від діаметра базування підшипників до їх упору показує скорочення терміну служби деталі до $3,794 \cdot 10^5$ циклів.

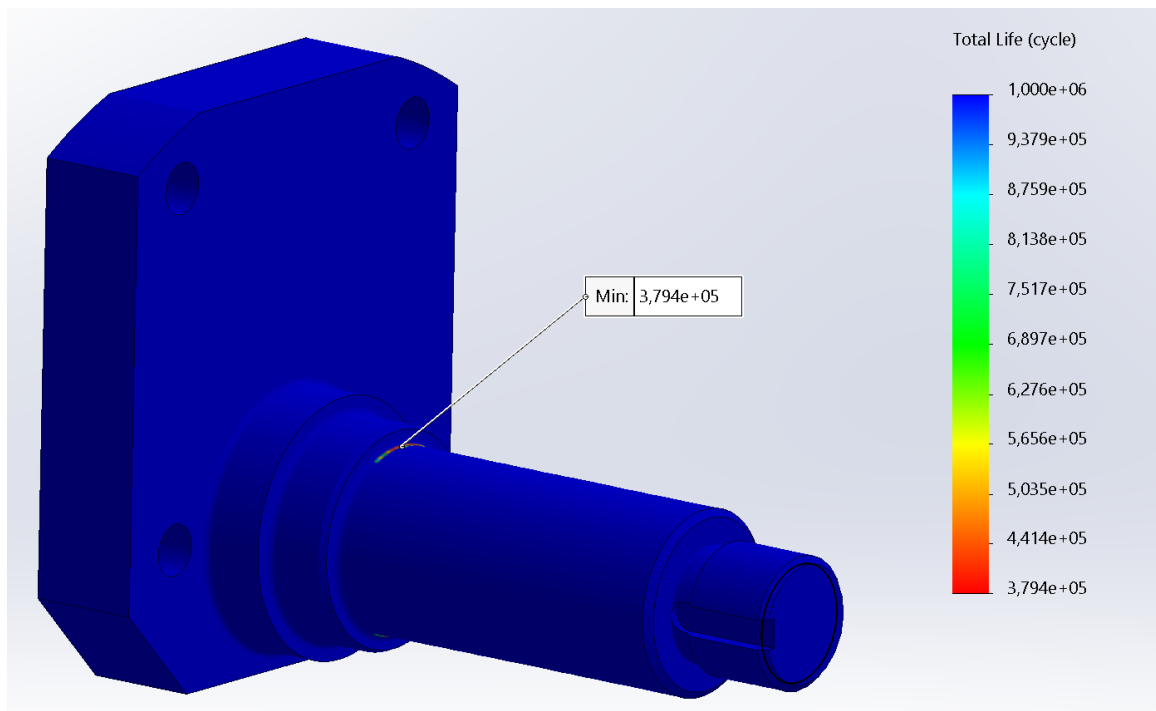


Рис. 3 – Результат розрахунку терміну служби при наявності втоми матеріалу

На рисунку 4 показано залежність пошкоджень деталі від величини радіуса скруглення.

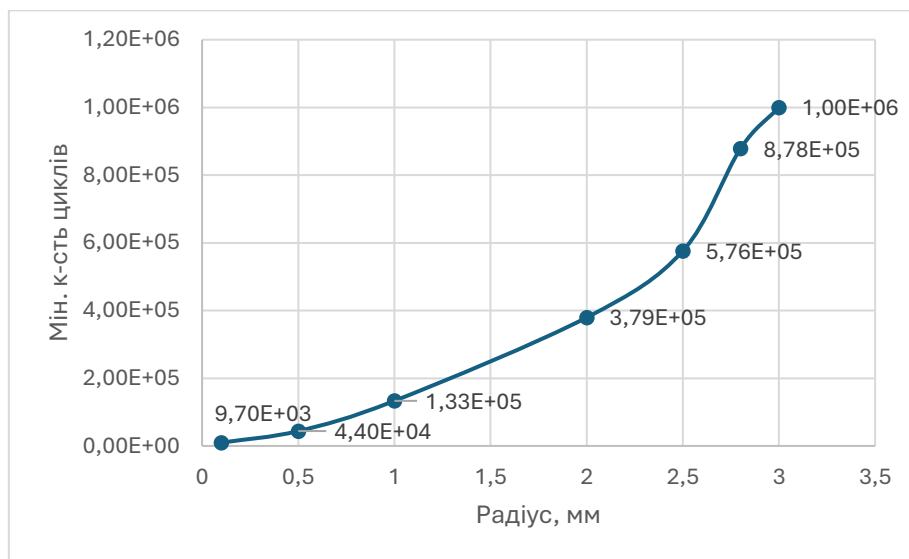


Рис. 4 – Залежність мінімальної кількості циклів роботи деталі від величини радіуса скруглення

Отримана залежність демонструє значний стрибок пошкоджень від циклічного навантаження та від радіуса скруглення 0,8 мм. Показник терміну служби залишається більше 90% від максимуму при значеннях скруглення більше 2,8 мм.

Висновок

Розроблено тривимірну модель деталі «Кронштейн» та проведено аналіз втоми матеріалу від циклічних навантажень в програмі SOLIDWORKS Simulation. Виявлено появу втоми матеріалу на скругленні деталі при переході від циліндричної поверхні на якій розміщені підшипники до їх упору.

Найкращий показник радіуса скруглення для цієї деталі становить 3 мм, при якому розрахунки не показують втоми матеріалу для даних умов дослідження. Рекомендовано обирати радіус скруглення

для деталі «Кронштейн» від 2,8 мм і більше для забезпечення більше 90% терміну служби деталі від заданого циклу навантажень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Березюк О. В. Структура машин для збирання первинної переробки твердих побутових відходів. Вісник машинобудування та транспорту. Вінниця: ВНТУ, 2015. № 2. С. 3-7.
2. Березюк О.В. Розробка та дослідження нової структури екологічної машини для очистки населених пунктів від твердих відходів // Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві. 2008. № 1. С. 92-98.
3. Піонткевич О.В. Про лазерний технологічний комплекс на машинобудівному підприємстві / О. В. Піонткевич, С. І. Сухоруков, О. В. Сердюк, В. М. Домославський // Вісник машинобудування та транспорту, 2022. № 16(2). С. 96-100. DOI: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2022-16-2-96-100>
4. Лозінський Д.О. Ротаційна витяжка осесиметричних деталей з використанням пропорційного електрогідравлічного приводу / Д.О. Лозінський, І.О. Сивак, Є.І. Шевчук, В.Г. Пилявець // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки, 2015. №4. С. 21-24.
5. Березюк О.В. Науково-технічні основи проектування приводів робочих органів машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів: автореф. дис. д-ра техн. наук. Хмельницький, 2021. 46 с.
6. Березюк, О. В. Огляд конструкцій машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів. Вісник машинобудування та транспорту. Вінниця: ВНТУ, 2015. №1. С. 3-8.
7. Піонткевич О. В. Підвищення ефективності багаторежимного гідроприводу фронтального навантажувача: дис. кандидата техн. наук : 05.02.02 / Піонткевич Олег Володимирович. Київ, 2019. 249 с.
8. Kozlov L. The experimental stand for determining the characteristics of the hydraulic drive control system with the multifunctional counterbalance valve / L. Kozlov, O. Piontkevych, N. Semichasnova, D.D. Ubidia Rodrigues. ВНТУ: II Міжнародна науково-технічна конференція «Гідро-та пневмоприводи машин», 2016. С. 119 – 120.
9. Polishchuk L. Justification for choosing the type of belt conveyor drive / L. Polishchuk, O. Piontkevych, M. Burdeinyi, V. Trehubov // Вісник машинобудування та транспорту. 2024. № 1 (19). С. 115-122. <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2024-19-1-115-122>
10. Піонткевич О. В., Березюк О. В., Лозінський Д. О., Кавецький О. І. Застосування CAD/CAE-системи Autodesk Inventor для удосконалення фрезерногравірувального верстата з ЧПК. Наукові праці Вінницького національного технічного університету. Вінниця: ВНТУ, 2025. Вип. 1. С. 1–9. <https://doi.org/10.31649/2307-5376-2025-1-178-186>
11. Піонткевич О. В. Розрахунок гідродинамічної сили на золотнику врівноважувального клапана на основі імітаційного моделювання течії робочої рідини в його каналах / О. В. Піонткевич, Л. Г. Козлов, О. В. Березюк, О. В. Сердюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2024. № 5. С. 77-83.
12. Петров О. В., Піонткевич О. В., Буда А. Г., Коломієць В. С. Застосування CAD/CAE-системи Solidworks у задачах аналізу міцності деталей верстатних пристосувань. Вісник машинобудування та транспорту. Вінниця : ВНТУ, 2024. Вип. 19. № 1. С. 95–102.
13. Піонткевич О. В., Сухоруков С. І., Петров О. В., Сердюк О. В. «Комп'ютеризовані системи проектування» для здобувачів вищої освіти зі спеціальності «Прикладна механіка»: електронний лабораторний практикум. Вінниця : ВНТУ, 2025. 142 с.

Мельник Артем Сергійович – студент групи 1ПМ–24м, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: artemmmelnik03@gmail.com.

Піонткевич Олег Володимирович – к-т техн. наук, доцент кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: piontkevych@vntu.edu.ua.

Науковий керівник: Козлов Леонід Геннадійович – д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: osna2030@gmail.com.

Melnyk Artem S. – student of the Department of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: artemmmelnik03@gmail.com

Piontkevych Oleh V. – Candidate of Technical Sciences, Associate professor of the Department of Technology and Automation of Mechanical Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: piontkevych@vntu.edu.ua

Supervisor: Kozlov Leonid H. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Technology and Automation of Mechanical Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: osna2030@gmail.com