

УДК 631.3.01

Ю. Капаціла, канд. техн. наук; Б. Капаціла

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ОЦІНЮВАННЯ ТА КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОГИНУ ВИТКІВ ШНЕКА ПРИ МІСЦЕВОМУ НАВАНТАЖЕННІ

Резюме. Розглянуто особливості експериментального визначення прогину витків шнека при місцевому навантаженні. Коротко проаналізовано сучасний стан питання, наведено опис експериментальної установки, в графічній формі представлено основні результати експерименту. Крім того, розглянуто можливість застосування сучасних інформаційних технологій для оцінювання напружено-деформованого стану гвинтових робочих органів, зокрема наведено приклад практичного застосування системи SolidWorks для аналізу напружень та деформацій витка гвинтової спіралі.

Ключові слова: гвинтовий конвеєр, шнек, навантаження, напруження, деформація, моделювання.

Y. Kapatsila, B. Kapatsila

EXPERIMENTAL RATING AND COMPUTER MODELING OF AUGERS HELIXES WHIPPING DURING LOCAL LOAD

The summary. The article deals with experimental determination of augers helixes whipping during local load. Short analysis of the newest information on the question and description of the experimental device are presented. Also the basic results of the experiment are submitted visually. Besides, the possibility of application of modern informational technologies for stress-strain state rating of augers working bodies is analyzed. The example of practical usage of Solid Works system for stress and strain of the auger of spiral is depicted.

Key words: helical conveyer, auger, load stress, deformation, modeling.

Постановка проблеми. Для реалізації процесів оброблення, перероблення та транспортування різного виду матеріалів перспективним є застосування механізмів із гвинтовими пристроями. Висока продуктивність, надійність, відносна простота конструкції, легкість в обслуговуванні дають змогу застосовувати такі механізми як у дискретних технологічних схемах, так і в складі високопродуктивних механізованих технологічних комплексів.

При виконанні технологічних процесів транспортування робочі органи гвинтових конвеєрів зазнають складних впливів. Схеми прикладання зовнішніх зусиль залежать від виду технологічних операцій, які виконуються, характеристик технологічного матеріалу, режиму роботи та інших факторів. Величина навантаження може досягати значних значень та викликати деформацію, а іноді й пошкодження робочого органа. Для запобігання цим явищам необхідно ще на етапі проектування вибрати оптимальні геометричні характеристики шнека та узгодити їх із технологією виготовлення.

Аналіз останніх результатів досліджень. Вітчизняним науковим центром, в якому отримані найвагоміші результати у сфері проектування механізмів із гвинтовими пристроями, є школа доктора технічних наук, професора Б.М. Гевка. Він та його учні виконали значний обсяг теоретичних й експериментальних досліджень, зокрема тих, що стосуються розрахунку шнеків на міцність [1]. Проблеми визначення конструктивних параметрів гвинтових конвеєрів і режимів їх роботи присвячені також

праці Р.М. Рогатинського, А.М. Григор'єва, Г.А. Хайліса, Р.Л. Зенкова, К.В. Алферова, А.А. Вайнсона, Ю.А. Пертена та інших [2]. Практично у всіх них розглянуто питання розподіленого навантаження на виток шнека, яке виникає під дією вантажу, що транспортується, а вплив локальних навантажень практично не розглянуто. Питання комп'ютерного моделювання гвинтових робочих органів також досить глибоко опрацьовано. Зокрема, компанія Delcam нагромадила певний досвід з моделювання та виготовлення гвинта шнека засобами CAD/CAM-технологій [3]. Проте в цих та інших роботах не розглянуто питання комп'ютерного моделювання напружено-деформівного стану шнека.

Реалізація результатів досліджень. З метою встановлення залежності деформації витка шнека від зовнішнього навантаження, а також визначення характеру розподілу ланцюгових напружень по поверхні шнека було проведено ряд експериментальних досліджень.

Дослідження проводилися з використанням експериментальної установки, схема якої зображена на рисунку 1.

Експериментальна установка побудована на базі токарно-гвинторізного верстата. Такий вибір пояснюється високою жорсткістю основних вузлів верстата, простотою конструкції, зручністю монтажу, а також можливістю отримати зусилля навантаження. Шнек, який досліджують, закріплюють у патроні верстата і фіксують центром. У різцетримачі верстата закріплено вузол, який складається з кронштейна, на якому закріплено динамометр і вимірювальні індикатори. Для проведення експерименту вимірювальний наконечник динамометра підводять до контакту з поверхнею шнека, після чого індикатори встановлюють на нуль. Далі створюють навантаження шляхом переміщення супорта верстата і знімають покази індикаторів. Такий цикл «навантаження-вимірювання» проводять задану кількість разів у відповідності з планом експерименту.

Перевагою запропонованої конструкції є її простота, можливість проводити дослідження в широкому діапазоні розмірів шнеків. Достовірність отриманих даних забезпечується високою жорсткістю конструкції вузлів верстата й одночасним вимірюванням двох параметрів – зусилля і переміщення.

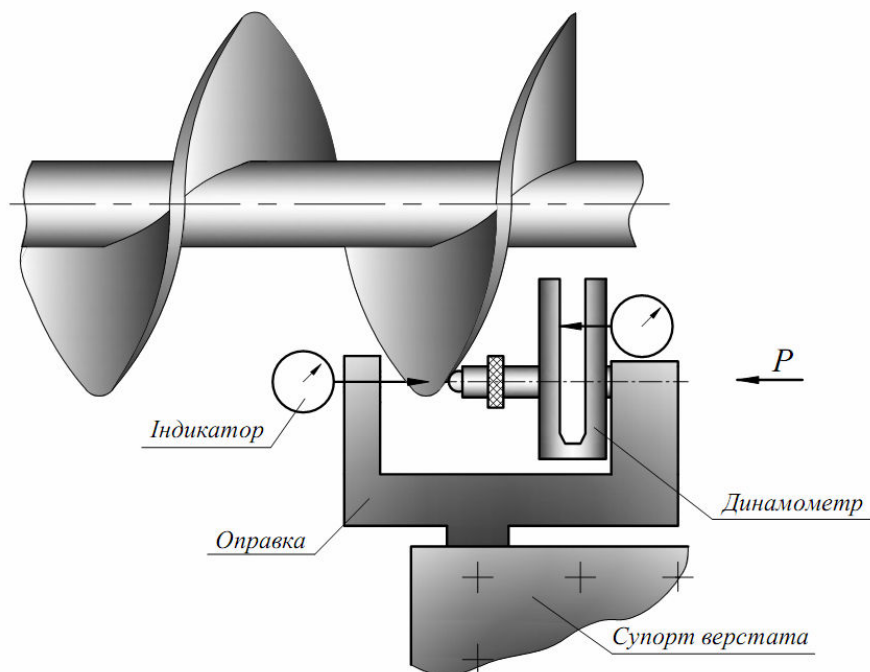


Рисунок 1. Схема експериментальної установки

В результаті проведення експерименту отримано залежність прогину витка шнека від зовнішнього навантаження, що ілюструється графіками, зображеними на рисунку 2.

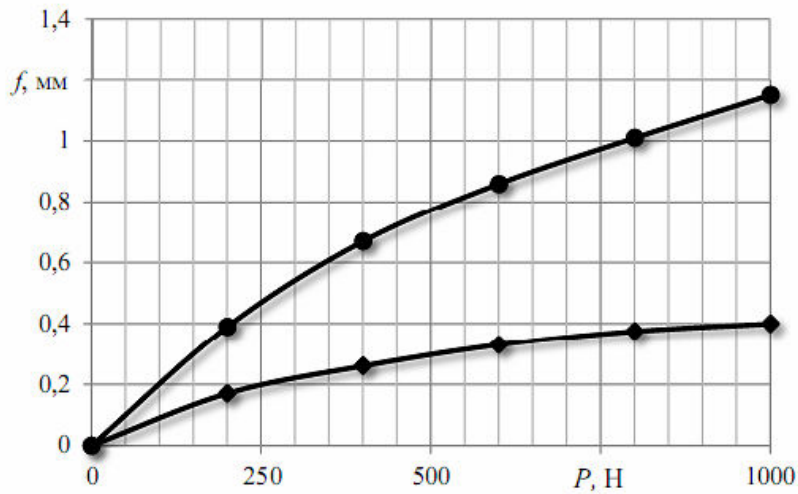


Рисунок 2. Залежність прогину витка шнека від зовнішнього навантаження

Крім того, на основі отриманих експериментальних даних шляхом аналітичних обчислень було визначено характер розподілу ланцюгових напружень по поверхні шнека (рис. 3).

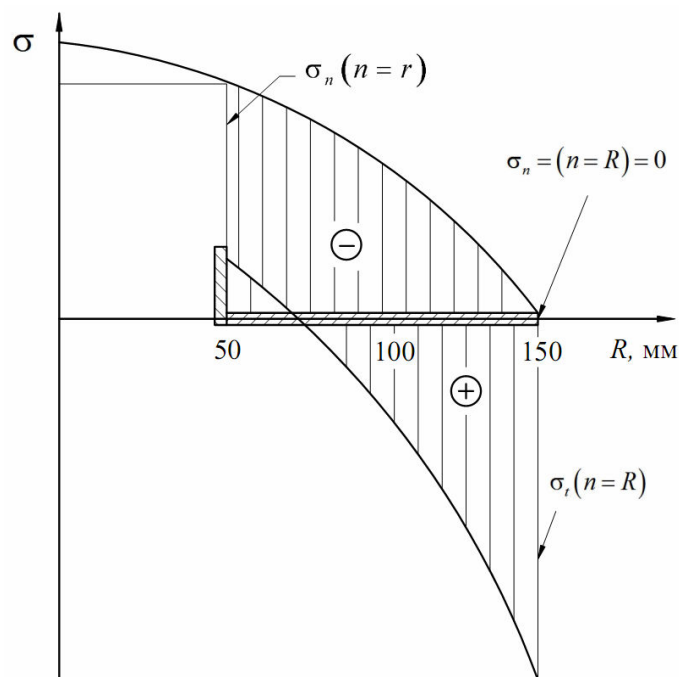


Рисунок 3. Розподіл ланцюгових напружень по поверхні шнека

Отримані дані в поєднанні з рівнянням сумісності деформацій [4] дозволяють визначити напруження в різних точках шнека, що особливо важливо для оцінювання напружено-деформованого стану шнека.

Розвиток сучасних інформаційних технологій дозволяє проводити подібні дослідження за допомогою персонального комп'ютера [5]. Для цього необхідно перш

за все побудувати комп'ютерну 3D-модель об'єкта дослідження і далі за допомогою відповідного програмного забезпечення провести власне дослідження.

В якості програмного забезпечення для вирішення поставлених завдань було вибрано CAD-систему SolidWorks – продукт компанії SolidWorks Corporation, яка являє собою систему автоматизованого проектування, інженерного аналізу та підготовки виробництва виробів будь-якої складності й призначення. Solidworks є ядром інтегрованого комплексу автоматизації підприємства, за допомогою якого здійснюється підтримка життєвого циклу виробу відповідно до концепції CALS-технологій, включаючи двонаправлений обмін даними з іншими Windows-додатками і створення інтерактивної документації.

Відмінними рисами САПР SolidWorks є:

- твердотіле і поверхнєве параметричне моделювання;
- повна асоціативність між деталями, вузлами і кресленнями;
- багатий інтерфейс імпорту/експорту геометрії;
- експрес-аналіз міцності деталей і кінематики механізмів;
- простота в освоєнні й висока функціональність;
- гнучкість і масштабованість;
- 100% дотримання вимог стандартів при оформленні креслень;
- російськомовний інтерфейс та документація.

У базовий пакет SolidWorks входить модуль COSMOSXpress, який використовується для експрес-розрахунків деформації та визначення коефіцієнта запасу міцності деталі за заданими навантаженнями. В результаті COSMOSXpress дозволяє визначити концентратори напружень і досягти максимально ефективного використання матеріалу за рахунок зниження маси елементів конструкції з надлишковим запасом міцності.

Для виконання аналізу необхідно перш за все створити модель шнека. Процес побудови 3D-моделі в середовищі SolidWorks базується на створенні об'ємних геометричних елементів і виконанні різних операцій над ними. Зокрема, процес побудови моделі шнека базується на переміщенні прямокутного перерізу по гвинтовій траєкторії. Для цього спочатку потрібно побудувати коло, діаметр якого відповідає середньому діаметру шнека. Далі за допомогою функції «Гелікоїд» будуємо тривимірну гвинтову лінію, задавши при цьому її крок, напрям, початковий кут і кількість витків. Після цього в потрібній площині виконуємо ескіз поперечного перерізу спіралі й за допомогою відповідних інструментів створюємо об'ємну модель.

Для аналізу створеної моделі використаємо модуль COSMOSXpress. У діалоговому вікні цього модуля виберемо одиниці вимірювання, місце збереження результатів, матеріал шнека, вказуємо обмеження й навантаження. В якості обмежень необхідно в графічній області вибрати одну або кілька граней, які будуть визначені як нерухомі, тобто для них будуємо відсутні переміщення у всіх напрямках. Для випадку, що розглядається, такою гранню служить внутрішня кромка спіралі, оскільки вона жорстко кріпиться на валу шнека (рис. 4).

Після встановлення обмежень, потрібно задати навантаження, тобто, вибрати його тип (сила чи тиск), вказати значення, вибрати грань, до якої прикладена сила і напрям прикладання.

Далі запускаємо аналіз. У відповідь програма розбиває деталь на деяку множину елементів і розраховує напруження в кожному з них. Після завершення аналізу активується вкладка результатів. У цій вкладці можуть бути відображені розподіл напружень у моделі (рис. 5а), розподіл зміщень в моделі (рис. 5б), деформована форма моделі, а також дається можливість зберегти результати роботи у вигляді звіту.

При відображенні напружень і зміщень модель розфарбовується в різні кольори,

кожен з яких відповідає своєму діапазону значень. Крім того, поряд з моделлю відображається шкала, на якій кольором позначені значення напружень і зміщень, які діють у моделі. Червоний колір відповідає максимальним значенням, синій – мінімальним.

Додатково користувачу надається можливість створити анімаційний файл з демонстрацією деформації деталі зі зміною напруженого стану.

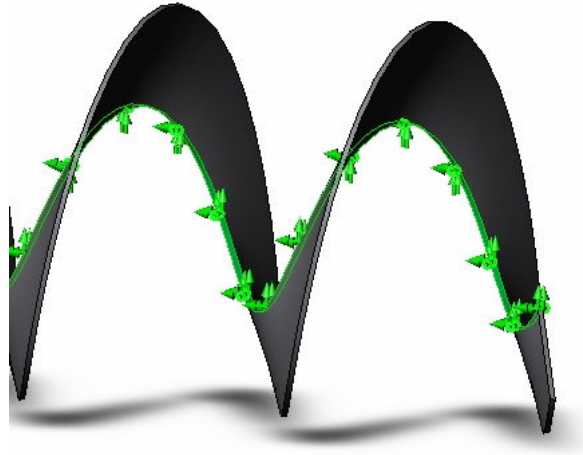


Рисунок 4. Встановлення обмежень

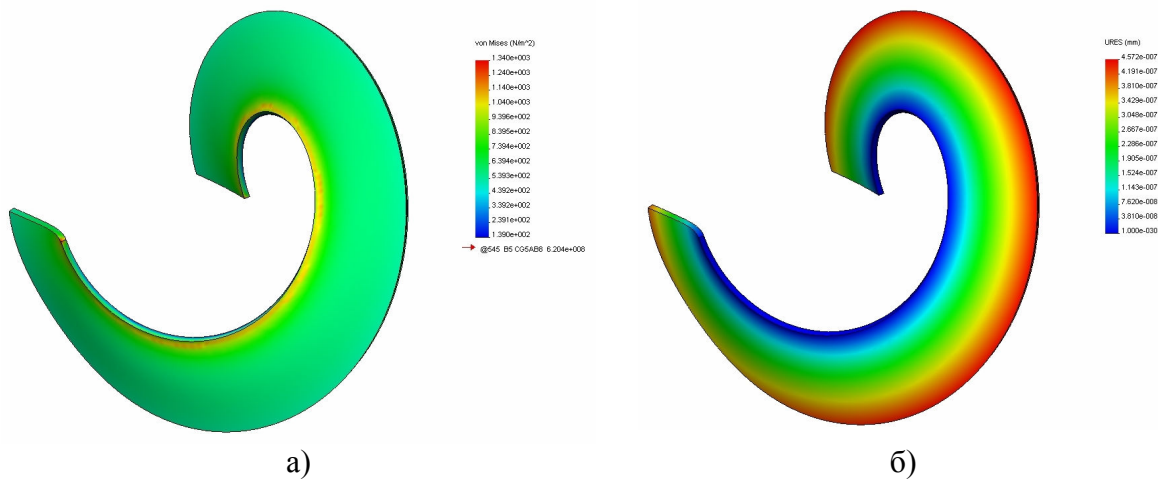


Рисунок 5. Розподіл напружень (а) та зміщень (б) у моделі шнека

Висновки. Співставлення отриманих даних з результатами проведених натурних експериментів підтвердили їх коректність. Таким чином, застосування CAD-системи SolidWorks дає змогу знизити вартість і час від початкової стадії проектування аж до виготовлення виробу, зокрема, завдяки можливостям комп'ютерного моделювання замість проведення дорогих довготривалих виробничих випробувань.

Література

1. Механізми з гвинтовими пристроями [Текст] / Б.М. Гевко, М.Г. Данильченко, Р.М. Рогатинський, М.І. Пилипець, А.В. Матвійчук. – Львів: Світ, 1993. – 208с.
2. Alexandru Poziđiřcã. An helical conveyer calculus [Text] / The third National Seminar on Mechanisms is held under the auspices/support of IFToMM Romania. Craiova, September 10–11, 2008.
3. Мартюшев, А. Моделирование и изготовление шнекового винта с использованием CAD/CAM-технологий фирмы Delcam plc [Текст] / А. Мартюшев, А. Орешкин // САПР и графика. – 2007. – №3. –

С. 82–85.

4. Капаціла, Ю.Б. Розробка і дослідження технологічних процесів багатофункціональних агрегатів для кормовиробництва [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 : захищена 26.06.99 : затв. 02.07.99 / Капаціла Юрій Богданович. – Луцьк, 1999. – 142 с.
5. Автоматизированное проектирование и расчет шнековых машин [Текст] / М.В. Соколов, А.С. Клинков, О.В. Ефремов, П.С. Беляев, В.Г. Однолько. – М.: Машиностроение, 2004. – 248 с.

Отримано 22.03.2011