

Рух точок нейтральної лінії різьбового стрижня шпилькового з'єднання сільськогосподарської техніки під впливом поперечної вібрації

Розглянуто рух точок, що лежать на нейтральній лінії різьбового стрижня протягом роботоздатного стану шпилькового з'єднання. Отримані аналітичні залежності можна використовувати для симулятивного моделювання роботи різьбового з'єднання сільськогосподарської техніки.

Ключові слова: різьбове з'єднання, сільськогосподарська техніка, кінематика.

Вступ. Різьбові з'єднання сільгосптехніки знаходяться під впливом вібраційних навантажень у трьох координатних напрямках. Дослідження параметрів руху точок з'єднання під впливом такого характеру вібрації є актуальними з огляду необхідності підвищення ресурсу різьбових з'єднань.

Суть проблеми. Під впливом поперечних вібраційних навантажень від приєднаної деталі до точок, що лежать на нейтральній лінії різьбового стрижня, передаються складні рухи. Внаслідок цього опорна поверхня гайки зазнає кутових переміщень, аналіз яких дозволить виявити критичні режими роботи різьбового з'єднання.

Мета дослідження – отримати залежності зміни кінематичних параметрів різьбового з'єднання, що працює в умовах поперечної вібрації. В дослідженні використовуються теоретичні методи досліджень, зокрема теоретична механіка, математичний аналіз, механіка матеріалів. Теоретичні дослідження проведені з використанням середовища MATLAB R-2007b.

Аналіз останніх досліджень. На основі досліджень впливу вібрації у напрямі, поперечному до осі різьбового стрижня на роботоздатність з'єднання отримана залежність зміни величини відносного переміщення з'єднаних деталей від часу та зусилля їх притискання [1], а також встановлено можливість забезпечення роботоздатності різьбових з'єднань шляхом вибору параметрів різьбового з'єднання, за яких відбуватиметься самоврівноваження коливань, а результуючі коливання матимуть меншу інтенсивність впливу [2].

Критичними в роботі болтових з'єднань є почергові косі послаблення опорної поверхні гайки у поєднанні з дією крутного моменту в бік розгвинчування [3].

Відносні коливання з'єднаних деталей під впливом поперечної вібрації виникають у разі, коли амплітуда сумарної збурювальної сили достатньо велика порівняно із силою тертя, а поблизу резонансних режимів наявність сухого тертя не обмежує амплітуду відносних коливань з'єднаних деталей [4].

Оглядом літературних джерел виявлено, що питання кінематики різьбового з'єднання потребує подальших досліджень.

Основний зміст досліджень. Коливання з'єднаних деталей мають різні параметри до моменту надання необхідного зусилля їх притискання. Після

монтажу з'єднання незначні коливання поглинаються, а залишаються коливання робочі, вплив яких на різьбове з'єднання обумовлює технічний стан з'єднання протягом певного часу напруження.

Рух точок, що лежать на нейтральній лінії різьбового стрижня, буде задаватись характером вібрації з'єднаної деталі, на яку опирається гайка. Коливання точок на відрізку АВ можна звести до найпростішої параметричної форми:

$$\begin{cases} x = a_x \sin(\omega_x t + \varphi_x) \\ y = a_y \sin(\omega_y t + \varphi_y) \end{cases} \quad (1)$$

Протягом періоду нормальної роботи різьбове з'єднання виконуватиме відносний рух в межах пружних деформацій. Точки, що лежать на нейтральній лінії різьбового стрижня, виконуватимуть складний рух (рис. 2). Різні значення частот, початкових фаз та амплітуд задаватимуть кутові відхилення різьбового стрижня і гайки відносно положення рівноваги.

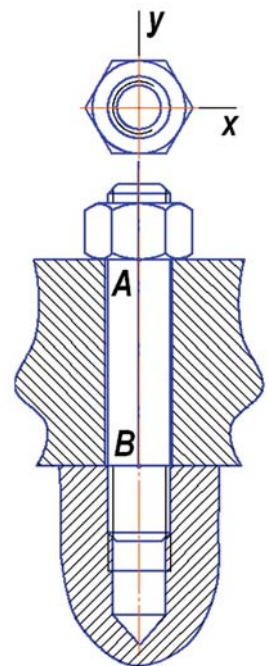


Рис. 1 – Ескіз різьбового з'єднання

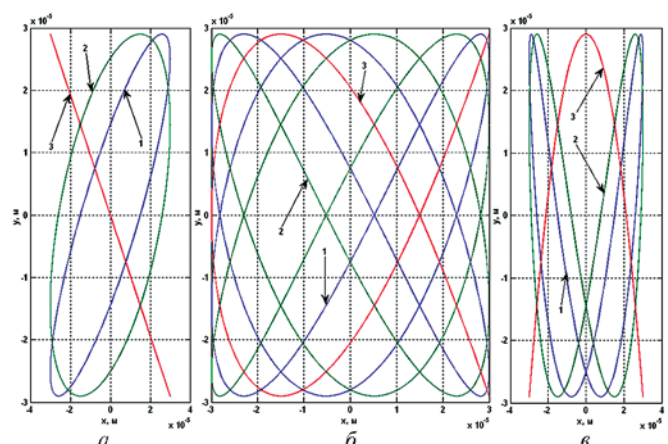


Рис. 2 – Траєкторія руху точки А за різниці початкових фаз коливань 1 – $\pi/6$, 2 – $\pi/3$, 3 – π : а – $\omega_x/\omega_y = 1$; б – $\omega_x/\omega_y = 1,5$; в – $\omega_x/\omega_y = 2$

Це явище відбуватиметься до моменту послаблення різьбового з'єднання. Кут повороту відрізка l_0 в площині XY визначається координатами:

$$l_0 \sin(\varphi) = x_0; l_0 \cos(\varphi) = y_0. \quad (2)$$

Кути повороту радіуса φ та стрижня β запишемо виразом:

$$\begin{cases} \varphi = \arctg\left(\frac{x_0}{y_0}\right) \\ \beta = \arctg\left(\frac{l_0}{l_{AB}}\right). \end{cases} \quad (3)$$

Переміщення точок нейтральної лінії різьбового

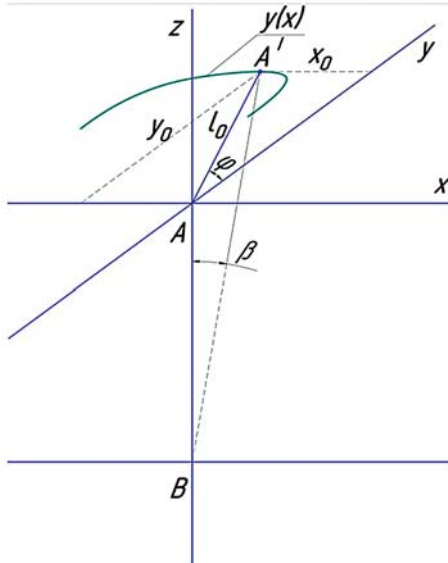


Рис. 3 – Схема до визначення переміщень

стрижня в міру наближення до основи шпильки буде зменшуватись і на опорній поверхні деталі (корпусу) відповідатиме її коливанню.

Не нульові значення кутів φ та β (рис. 4) свідчать про навантаженість різьбового з'єднання кутівими коливаннями відносно осі Z . За однакового значення частот та різниці фаз π кут повороту

радіуса φ буде сталим (рис. 4, а); за різних значень частот на графіку з'являються періодичні піки у кількості, еквівалентній відношенню частот. Знак швидкості за один період коливань при різному значенні частот змінюється чотири і більше разів. Ця обставина свідчить про навантаженість різьбового з'єднання в площині опорної поверхні гайки відповідними прискореннями.

Функція $\phi(t)$ є періодичною при однакових частотах коливань з'єднаних деталей. Теоретичні дослідження кутового прискорення $d^2\phi(t)/dt^2$ показали стрибкоподібні піки прискорень зі значними амплітудами.

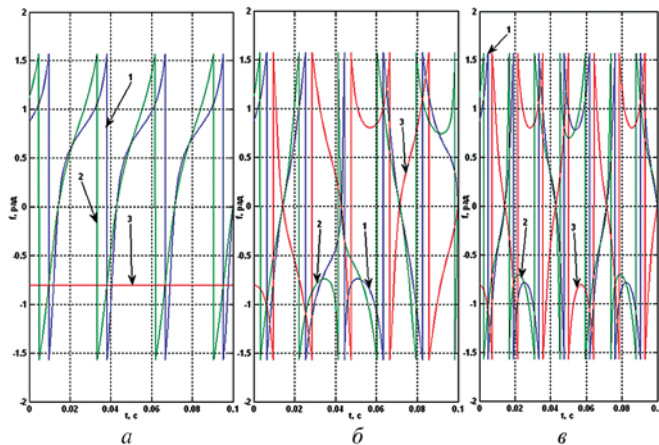


Рис. 4 – Графіки залежностей зміни кута ϕ від часу:
а – $\omega_x/\omega_y = 1$; б – $\omega_x/\omega_y = 1,5$; в – $\omega_x/\omega_y = 2$

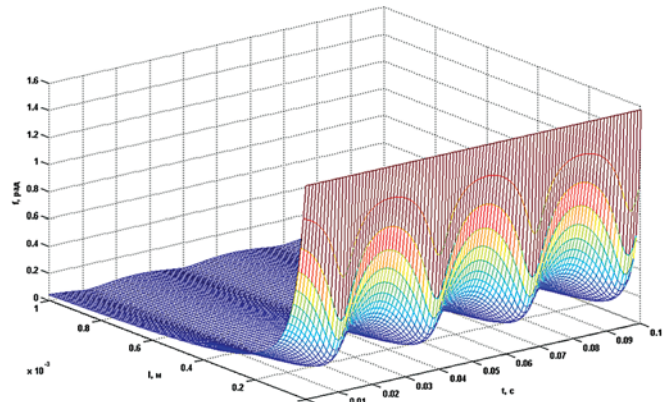


Рис. 5 – Графік залежності зміни кута β від часу та товщини приєднаної деталі

Кутові навантаження (кут β) на опорну поверхню різьбового з'єднання інтенсивніше зростають в межах мінімальних значень товщини приєднаної деталі (рис. 5), що обумовлює її раціональну величину.

Висновок. Кінематичні параметри різьбових з'єднань є достатньо інформативними для практики. На основі аналізу графіка $y(x)$ можна судити про доцільність встановлення шпильок з відповідним напрямом гвинтової лінії різьби або використання того чи іншого способу стопоріння різьбового з'єднання. Довжина різьбового стрижня потребує оптимізації з огляду на його згинальну податливість та необхідність забезпечення певної жорсткості в осьовому напрямку. Це дозволить досягти максимальної відповідності необхідних параметрів різьбових з'єднань умовам роботи машини і підвищити їх напрацювання до послаблення.

Список літератури

1. Рубець А. М. Обґрунтування періодичності технічного обслуговування різьбових з'єднань зернозбиральних комбайнів: Автореф. дис... канд. тех. наук. – К., 2009. – 20 с.
2. Михайлович Я. М. Підвищення наробітку різьбових з'єднань сільськогосподарської техніки до послаблення / Я. М. Михайлович, А. М. Рубець // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – Київ, 2012. – Вип. 170. Ч. 2, – С. 178–185.
3. Робота болтового з'єднання сільськогосподарської техніки в умовах 3-D вібрації / А. М. Рубець // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: Зб. наук. пр. / Державна наукова установа «Український науково-дослідний інститут прогнозування та випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва ім. Л. Погоріло». – Дослідницьке, 2013. – Вип. 17(31). – Кн. 1. – С. 252–260.
4. Пружні коливання різьбового з'єднання в поперечному напрямку під дією двох збурюючих сил різної амплітуди, частоти та початкової фази / А. М. Рубець // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – К.: Вип. 134. – Ч. 2. – 2009. – С. 192–201.

Аннотация. Рассмотрено движение точек, которые лежат на нейтральной линии резьбового стержня в течение работоспособного состояния шпилечного соединения. Полученные аналитические зависимости можно использовать для симулятивного моделирования работы резьбового соединения сельскохозяйственной техники.

Summary. Movement of points that lie on the neutral line of threaded rod for the working condition of stud connection is considered. The resulting analytical dependences of parameters of vibrations can be used for a simulation of work of screw-thread connection of agricultural technique.

Стаття надійшла до редакції 17 жовтня 2013 р.