

**Савченко В.Б.,
Свіргун О.А.,
Іванов В.І.,
Концевич О.А.,
Шевченко І.В.**
Харківський національний
технічний університет
сільського господарства
імені Петра Василенка
м. Харків, Україна.
E-mail: nadezhnost@ukr.net

**ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ СТАТИСТИЧНОГО
МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ ПРОГНОЗУВАННІ
НАДІЙНОСТІ ВЕДУЧИХ МОСТІВ**

УДК 621.825

В статті розглянуто умови роботи і особливості конструкції ведучих мостів тракторів типу Т-150К. Зазначено, що під впливом дії змінних навантажень, умов функціонування фланцевого з'єднання корпусу моста з бортовим редуктором змінюються. Запропоновано алгоритм численної оцінки надійності фланцевого з'єднання, який використовує методи статистичного імітаційного моделювання.

Ключові слова: ведучі мости, оцінка надійності, нормальні напруження, статистичне моделювання.

Вступ. Зростаючі вимоги до конкурентоспроможності вітчизняних колісних і гусеничних транспортних засобів, які використовуються в сільськогосподарському виробництві, свідчать про необхідність підвищення їх надійності. Зокрема вплив на надійність машини в цілому здійснюють основні (базові) елементи, які є ресурсовизначальними, оскільки вони відчувають значні динамічні навантаження, які призводять до відмов. Використання існуючих методів розрахунку не дозволяє з достатньою точністю оцінити довговічність елементів машини при проектуванні. Тому підвищення працездатності транспортних засобів, а також створення перспективних моделей з високими ресурсними показниками можливо лише на підставі науково обґрунтованих рекомендацій, які вимагають глибокого вивчення процесів зношування та накопичення втомних пошкоджень елементів.

Актуальність. Ведучі мости транспортних засобів відносяться до трансмісійних елементів, які одночасно є несучими. Практика свідчить про те, що вони мають довговічність, яка не відповідає сучасним вимогам. Відмови їх в експлуатації можуть призвести до аварійних ситуацій. Тому виявлення причин і закономірностей виникнення відмов ресурсовизначальних деталей трансмісії, розробка засобів і методів ресурсозберігаючої прискореної оцінки надійності їх елементів, а також пошук шляхів підвищення ефективності експлуатації сільськогосподарських агрегатів є актуальною проблемою.

Вирішення поставлених питань вимагає комплексного підходу до забезпечення надійності машин, який включає заходи, засновані на виявленні причин експлуатаційних відмов, аналізі їх причин і виборі найбільш оптимальних конструктивних рішень, що забезпечують підвищення надійності як окремих вузлів, так і машини в цілому.

Аналіз публікацій. Досвід використання в сільськогосподарському виробництві ведучих мостів транспортних засобів показує, що ведучі мости є одним з найбільш нестривких вузлів трансмісії [1-3]. Більшість несучих елементів сільськогосподарських агрегатів і машин зазнають в експлуатаційних умовах впливу змінних навантажень. У зв'язку з цим їх працездатність і довговічність значною мірою визначаються здатністю корпусних елементів протистояти втомним руйнуванням. З практики відомі непоодинокі випадки утворення в відповідальних вузлах втомних руйнувань, які нерідко призводять до виходу з ладу вузла в цілому [4].

Основна частина. Існуюча система забезпечення надійності сільськогосподарських агрегатів включає елементи прогнозування [5]. Так, при конструюванні машин виконують розрахунки на міцність і довговічність елементів, які традиційно вважають такими, що розраховуються (підшипники, вали, шестерні і деякі інші деталі). При цьому широко використовується метод допустимих напружень, який зазвичай не є достатнім, оскільки не передбачає розрахунку ресурсу об'єкта, який є прямою характеристикою його надійності. Цей метод також не враховує впливу на конструкцію змінних напружень, що також неприйнятним для багатьох деталей і вузлів, які працюють в складних і непередбачуваних умовах.

Отже, однією з найбільш важливих інженерних задач, пов'язаних з підвищенням надійності машин, є запобігання втомним пошкодженням. Враховуючи те, що при проектуванні машин, більшість її деталей розраховується на різні види навантажень, в процесі експлуатації вони зазвичай працюють достатньо надійно. Однак, при з'єднанні деталей у вузол, умови їх навантаження можуть суттєво змінюватися. Тому, найбільш часто втомному руйнуванню піддаються не самі деталі, а місця їх з'єднання, представлені зварними або болтовими з'єднаннями різного типу.

За даними експлуатації, найбільш істотним недоліком ведучих мостів є низька надійності фланцевого болтового з'єднання колісного редуктора з картером ведучого моста. Мають місце непоодинокі випадками ослаблення затяжки і руйнування болтів з подальшим розкриттям фланцевого стику і пластичним деформуванням фланців картера моста.

Конструктивно маточина колісного редуктора кріпиться до фланця корпусу вісьмома болтами М20×1,5. На рис.1 наведено схему корпусу моста і показано колію трактора.

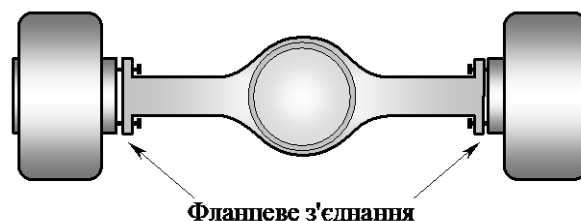


Рис. 1 – Схема з'єднання корпусу моста з бортовими редукторами

Умови роботи фланцевого з'єднання є такими, що болти, розташовані на різних горизонтальних перерізах фланця, сприймають різні за величиною навантаження. Під дією ваги машини верхня частина фланцевого з'єднання зазнає стискаючих, а нижня – розтягуючих навантажень. Тому болти, які розташовані нижче, зазнають найбільших навантажень.

Але, в процесі роботи, від дії змінних навантажень, відбувається послаблення затяжки болтів. В результаті, характер контакту між деталями фланцевого з'єднання змінюється і набуває вигляду, який показано на рис. 2.

Вочевидь, розподіл навантажень між болтами фланцевого з'єднання при такій схемі навантаження істотно відрізняється від тієї, яка зазвичай застосовується при розрахунку фланцевого з'єднання. Болти, які розташовані нижче (на відстані y_4 від точки контакту) сприймають максимальне навантаження, а ті, що вище – лише його частину,

яка визначається співвідношенням $K_{ni} = \frac{y_i}{y_{\max}}$. Відповідно, і величину нормальних напружень, які будуть виникати в болтах, можна буде визначити за формулою

$$\sigma_i = \sigma_{\max} \cdot K_{ni}.$$

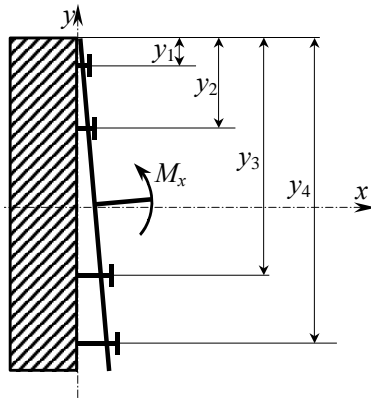


Рис.2 – Схема навантаження фланцевого з'єднання

Враховуючи сказане, з'являється можливість виконати порівняльний розрахунок міцності болтів фланцевого з'єднання при різних варіантах його конструкції, а саме при зміні кількості болтів і діаметра, на якому вони розташовані.

Оскільки кожен з болтів, який використовується в з'єднанні, має індивідуальні характеристики міцності, має місце певне розсіювання їхніх властивостей. Теоретичне врахування випадковості значень міцності кожного окремого болта є достатньо складною задачею. Але її вирішення можливе при використанні методів імітаційного статистичного моделювання, аналогічних до описаних в [6]. Алгоритм такої моделі виконаної в математичній таблиці MS Excel з використанням макросів Visual Basic, показано на рис. 3.

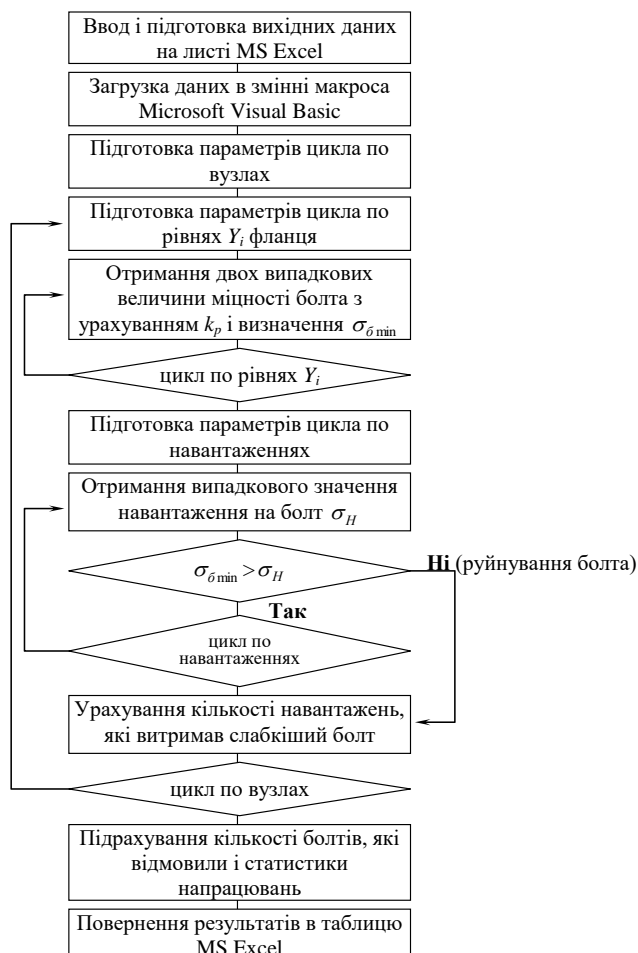


Рис. 3 – Блок-схема моделювання надійності фланцевого з'єднання

За допомогою програми, яка використовує наведений алгоритм, дало можливість оцінити вірогідності безвідмовної роботи двох варіантів конструкції фланцевого з'єднання. Перший з них був стандартний, який мав 8 болтів М20х1,5. В другому використовувалося 12 болтів М16х1,5. В другому випадку зменшення діаметру болтів дало можливість збільшити діаметр окружності центрів отворів з 185мм до 195мм. Це покращило геометрію з'єднання і підвищило його несучу спроможність, а коефіцієнт запасу при змінній дії навантаження зріс з 1,5 до 1,67.

Аналіз розрахунків показує, що при невеликій кількості екстремальних навантажень вірогідність безвідмовної роботи обох варіантів з'єднань майже однакова і є достатньо великою. Але, при збільшенні кількості екстремальних навантажень, фланцеве з'єднання з меншою кількістю болтів стає менш надійним, а ймовірність його руйнування стає майже в три рази вищою ніж у з'єднання з більшою кількістю болтів.

Висновок. Використання запропонованого алгоритму дозволяє дати порівняльну статистичну оцінку надійності конструкцій, які з точки зору розрахунку на міцність є еквівалентними. Але при цьому показники їх надійності можуть відрізнятись в рази.

Література:

1. Анілович В.Я., Гринченко О.С., Літвіненко В.Л. Надійність машин в завданнях та прикладах / За редакцією В.Я.Аніловича. – Харків: Око, 2001. – 320с.
2. Гринченко А.С. Механическая надежность мобильных машин: оценка, моделирование, контроль. – Х.: Віровець А.П. «Апостроф», 2012. – 259 с.
3. Кашуба Б.П. Влияние условий эксплуатации на ресурс элементов шасси трактора Т-150К / Б.П.Кашуба, В.Г.Кухтов, Р.В.Кугель // Тракторы и сельскохозяйственные машины – 1982. – № 4. – С. 11-12.
4. Кухтов В.Г. Долговечность деталей шасси колесных тракторов. – Харьков: ХНАДУ, 2004. – 292с.
5. Проников А.С. Надежность машин. - М.: Машиностроение, 1978. – 592 с.
6. Гринченко А.С., Савченко В.Б., Юрьева А.П. Статистическое моделирование и прогнозирование надежности при внезапных механических отказах / А.С.Гринченко, В.Б.Савченко, А.П.Юрьева // Вісник ХДТУСГ, 2015. – Вип.163. – С. 23-30.

Summary

V.B. Savchenko, O.A. Svirgun, V.I. Ivanov, A.A. Kontsevich, I.V. Shevchenko The use of methods of statistical design at prognostication of reliability of main bridges

The article considers the working conditions and features of the design of the main bridges of T-150K type tractors. It is noted that under the influence of load variables, the conditions for the operation of the flange connection of the bridge body with the onboard gearbox are changed. An algorithm for numerical evaluation of the reliability of a flange connection using methods of statistical simulation is proposed.

Key words: leading bridges, reliability evaluation, normal stresses, statistical simulation.

References

1. Anilovich V.Ya., Grinchenko O.S., Litvinenko V.L. Nadijnist mashin v zavdannayah ta prikladah / Za redakciyeyu V.Ya. Anilovicha. – Harkiv: Oко, 2001. – 320s. – Ros.
2. Grinchneko A.S. Mehanicheskaya nadezhnost mobilnyh mashin: ocenka, modelirovanie, kontrol. – H.: Virovec A.P. «Apostrof», 2012. – 259 s.

3. Kashuba B.P. Vliyanie uslovij ekspluatatsii na resurs elementov shassi traktora T-15OK / B.P. Kashuba, V.G.Kuhtov, R.V.Kugel // Traktory i selskohozyajstvennyye mashiny - 1982, - № 4, - S. 11-12.
4. Kuhtov V.G. Dolgovechnost detalej shassi kolesnyh traktorov. – Harkov: HNADU, 2004. – 292s.
5. Pronikov A.S. Nadezhnost mashin. - M.: Mashinostroenie, 1978. 592 s.
6. Grinchenko A.S., Savchenko V.B., Yureva A.P. Statisticheskoe modelirovanie i prognozirovanie nadezhnosti pri vnezapnyh mehanicheskikh otkazah / A.S. Grinchenko, V.B. Savchenko, A.P. Yureva // Visnik HDTUSG, 2015. – Vip.163. – S. 23-30.