

надежности сельскохозяйственной техники: Сб. н. тр. МИИСП. – М., 1980. – С. 19–25.

3. *Методика* оценки ресурса деталей машин по статистическим данным об их изнашивании в условиях эксплуатации / [С. П. Козырев, Л. М. Лельчук, М. Е. Марон, Н. И. Селезнев, М. Я. Франкштейн]// В кн.: Теория и практика расчетов деталей машин на износ. – М.: Наука, 1983. – С. 135–141.

4. *Полисский А. Я.* Оценка ресурса деталей двигателей типа СМД по информации, полученной на ремонтных предприятиях / *А. Я. Полисский, П. С. Сыромятников* // Прогрессивные методы восстановления изношенных деталей сельскохозяйственных машин: Сб. н. тр. УСХА. – Киев, 1988. – С. 56–63.

5. *Михлин В. М.* Прогнозирование технического состояния машин / *В. М. Михлин.* – М.: Колос, 1976. – 288 с.

6. *Кендалл М.* Теория распределений / *М. Кендалл, А. Стьюарт.* – М.: Наука, 1966. – 588 с.

Рассмотрен общий подход к решению проблемы построения инвертируемых стохастических моделей механической надежности в случае параметрических деградационных отказов. Предложенные методы иллюстрируются реальным примером прогнозирования долговечности при изнашивании.

Деградационный отказ, прогнозирование надежности, стохастическая модель.

General approach to the decision of problem of construction of the inverted models of mechanical reliability in the case of degradation refusals is considered. The offered methods are illustrated by the real example of prognostication of longevity at the wear.

Degradation refusals, reliability of forecasting, stochastic model.

УДК 631.1

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ РІЗЬБОВИХ З'ЄДНАНЬ ЗЕРНОВИХ СІВАЛОК

***В. Д. Войтюк, В. І. Рубльов, доктори технічних наук
В. Г. Опалко, здобувач***

В статті представлена методика оцінки якості показників різьбових з'єднань зернових сівалок типу СЗ-3,6А і наведені результати досліджень.

Зернові сівалки, різьбові з'єднання, нормативні документи, якість.

© В. Д. Войтюк, В. І. Рубльов, В. Г. Опалко, 2015

Постановка проблеми. Основним напрямком АПК України є виробництво зернових культур, стабільність якого значною мірою залежить від технічного забезпечення. Однією з визначальних ланок підвищення врожайності зернових культур, окупності вкладеної праці і засобів є оснащення господарств сучасними високопродуктивними машинами для виконання сівби у відповідності з агротехнічними вимогами. Якісна сільськогосподарська техніка і зокрема сівалки забезпечать високий рівень розвитку агропромислового комплексу України в сучасних ринкових умовах.

Аналіз останніх досліджень. Якість є одним із визначальних чинників конкурентоспроможності сільськогосподарської техніки. В умовах відкритого ринку продукція вітчизняного сільськогосподарського машинобудування виявилась неконкурентоспроможною. Встановлено [3], що серед таких показників як ціна, строки поставки, сервіс, якість на 70 % визначає рішення про вибір продукції. В результаті частка вітчизняної техніки в обсягах її реалізації зменшилась і в останні три роки не перевищує 30 % [1]. Через це економіка України щорічно втрачає 4-6 млрд. гривень, які сільськогосподарські товаровиробники інвестують у придбання імпоротної техніки [2].

Аналіз досліджень машиновипробувальних станцій [4] свідчить, що 95-97 % зразків машин виготовляється з відхиленням від технічних вимог, 80-85 % – не відповідають вимогам безпеки та ергономіки, кожний четвертий зразок має коефіцієнт готовності нижче вимог ТУ на виготовлення. Вироблена техніка має низькі показники надійності й ремонтоздатності. До 60 % відмов машин настають через виробничі дефекти (здебільшого через дефекти збирання машин), і на їх усунення витрачається від 2 до 30 діб.

Для підвищення технічного рівня сільськогосподарської техніки необхідно виходити з того, що якість техніки ґрунтується на її сучасній уніфікованій елементній базі та складових конструкцій машин.

Різьбові з'єднання широко використовуються в техніці, і є одним з найбільш поширених способів розбірного з'єднання деталей машин. В конструкціях сучасних машин їх частка складає 30-40 % від загального числа з'єднань, а в окремих машинах та механізмах – до 80 % [5].

Частка різьбових з'єднань, що використовуються на сучасних зернозбиральних комбайнах, складає 1 % від маси або 1,1-1,8 % від вартості комбайна. Досліджено, що 15-25 % відмов зернозбиральних комбайнів першого року експлуатації відбуваються внаслідок відмов різьбових з'єднань [6].

Найпопулярнішими на українському ринку сьогодні залишаються сівалки ПАТ «Червона Зірка». Системний аналіз зернової сівалки типу СЗ-3,6А свідчить, що дана посівна машина включає велику но-

менклатуру складових частин. При цьому багато компонентів на різних рівнях складності мають різьбові з'єднання.

Використання великої кількості різьбових з'єднань в сучасних сільськогосподарських машинах свідчить про актуальність виділення їх як окремого елемента і дослідження їх впливу на якість техніки.

Дослідженню параметрів процесу затягування різьбових з'єднань присвячено багато вітчизняних та зарубіжних публікацій, проте, в них не розглядається вплив параметрів різьбових кріпильних виробів на якість збірки готової продукції та її експлуатацію.

Мета досліджень: визначення алгоритму методики оцінки якості різьбових з'єднань зернових сівалок типу СЗ-3,6А; дослідження впливу показників різьбових з'єднань на технічний рівень посівних машин; оцінка відповідності різьбових з'єднань та їх елементів нормованим вимогам при виготовленні та подальшій експлуатації

Результати досліджень. Вивчення нормативної документації і джерел, що присвячені тематиці роботи, виконувалося у відповідності до ДСТУ 3575-97 [12]. В результаті були сформульовані загальні вимоги до болтів, гвинтів, шпильок і гайок:

1. Стандартні болти, гвинти, шпильки і гайки відповідно до ДСТУ ISO 8992:2006 [25] характеризуються: механічними властивостями (матеріалом); класом точності (допусками); покритвом поверхні (за потреби); спеціальними вимогами (якщо обумовлено).

2. Зовнішній вигляд стандартних болтів, гвинтів шпильок і гайок відповідно до ГОСТ 1759.0-87 [7] повинен відповідати наступним вимогам: поверхня болтів, питов, шпильок і гайок повинна бути чистою, без слідів корозії та механічних пошкоджень; допустимі дефекти поверхні болтів, гвинтів і шпильок – за ГОСТ 1759.2-82 [8]; допустимі дефекти поверхні гайок - по ГОСТ 1759.3-83 [9].

3. Механічні властивості, матеріали виготовлення болтів, гвинтів і шпильок повинні відповідати вимогам ГОСТ 1759.4-87, ДСТУ ISO 898-1:2003 [10, 18]; гайок – ГОСТ 1759.5-87, ДСТУ ISO 898-2:2004, ДСТУ ISO 898-6:2003 [11, 19, 20].

На основі загальних вимог до елементів різьбових з'єднань була визначена номенклатура нормованих показників для:

- болтів:
 - клас відповідальності – IV клас – маловідповідальні з'єднання у відповідності з ОСТ 37.001.031-72 [26];
 - клас точності А, В;
 - клас міцності для болтів $d < 39$ мм 4.8, 5.6, 5.8 у відповідності з ДСТУ ISO 4016:2007 [22];
 - розміри у відповідності ДСТУ ISO 4014-2001, ДСТУ ГОСТ 7798:2008, ДСТУ ГОСТ 7805:2008 [16, 17, 21].
- гайок:

- клас відповідальності – IV клас – маловідповідальні з'єднання у відповідності з ОСТ 37.001.031-72;

- клас точності А, В;

- клас міцності визначається в залежності від класу міцності болта, з яким з'єднують гайку, за ГОСТ 1759.5-87, ДСТУ ISO 898-2:2004 [11, 19];

- розміри у відповідності ДСТУ ISO 4033-2002 ДСТУ ISO 4032-2002, ДСТУ ГОСТ 5915:2008, ДСТУ ГОСТ 5927:2008 [14, 15, 23, 24].

Окремо були визначені показники різьбових з'єднань в збірці.

1. Наявність необхідних деталей в складальних з'єднаннях.

2. Головки болтів, як і гайки, повинні бути однаковими по висоті і розмірам під ключ з правильно розташованими щодо центру фасками.

3. Виступаючі кінці стрижнів болтів за межі гайок повинні бути не більше 1-5 кроків різьби або не більше 1,5 діаметра різьби відповідно до ГСТУ 3-37-5-94 [12], причому кожен з торців повинен мати однакову за розмірами фаску.

4. Зовнішній діаметр шайб і їхня товщина мають бути на всіх болтах однаковими.

5. Контргайки також повинні бути однаковими і за розмірами під ключ відповідати основним гайкам.

6. Прилягання головки болта, гайки, шайби до деталей, що скріплюються (стілки ящика сівалки), повинно бути щільним. Нещільне прилягання є наслідком слабого затиснення.

7. Величини моментів затягування різьбових з'єднань при контрольних вимірах повинні знаходитися в діапазоні від $1,05M_{кр\ max}$ до $0,88M_{кр\ min}$.

Були визначені види робіт та їх послідовність у відповідності до вимог.

1. Перевірка якості складання різьбових з'єднань проводиться зовнішнім оглядом і за допомогою вимірювань.

2. Вимірювання виступу стрижнів болтів за межі гайок.

3. Перевірка щільного прилягання головки болта, гайки, шайби до деталей, що скріплюються.

- 3.1. Провести легке простукування сталевим молотком поблизу місця розташування болтового з'єднання або по голівці болта. При добре затягнутому з'єднанні простукування має супроводжуватися «густим» дзвоном металу без вібрацій іншого кінця при дотику рукою. Звук, схожий на деренчання, свідчить про погану затяжку деталей.

- 3.2. Провести вимірювання з використанням набору плоских щупів за принципом «проходить – не проходить». Для цього в зазор

вставляють одну за одну пластинки з набору щупів доти, поки одна з пластинок не входить в зазор.

3. Контроль затяжки болтових з'єднань

3.1. Відмітити ризкою наявне положення болтового з'єднання.

3.2. Звільнити болтове з'єднання. Різьбова частина елементів кріплення повинна бути чистою, не забрудненою і сухою, якщо не має вказівок.

3.3. Перевірити калібрування ключа і переконатися, що він підходить для виконання робіт. Точність вимірювання моментних ключів повинна бути не менше зазначеної в таблиці ОСТ 37.001.031-72.

3.4. Затягнути елементи кріплення до колишнього положення, відміченого ризкою. Закручування треба виконувати плавно, без зупинок.

Було визначено інструментальне забезпечення робіт у складі: штангенциркуль, стандартний вимірювальний молоток або шматок дерева для простукування, набір плоских щупів, моментний ключ.

Були розроблені форми протоколів для оформлення результатів випробувань.

1. Форма протоколу для визначення щільності прилягання кріпильних виробів, складових елементів сівалки.

Код систем і складових частин сівалки	Позначення спряження	Назви спряжених складових частин	Зазор, мм
		гайка-шайба	
		шайба-деталь сівалки	
		деталь сівалки-деталь сівалки	
		деталь сівалки-головка болта	

2. Форма протоколу вимірювань параметрів болтових з'єднань сівалок.

Код систем і складових частин сівалки	Назва систем та їх складових частин	Кількість болтів							
	Система								
	Складова частина								
	Болти з'єднання: d/ΔL								

Систематизація, обробка результатів дослідження проводилася за допомогою статистичних методів. При роботі з вибірками обчислювалися їх числові параметри, що характеризують тенденції, розкид і мінливість даних. Обробка даних виконувалася із застосуванням програми «Описова статистика» пакету Microsoft Excel. що до-

зволило отримати єдиний статистичний звіт за всіма характеристиками. Системний аналіз зернової сівалки типу СЗ-3,6А свідчить, що на різних рівнях складності її компоненти мають різьбові з'єднання. Основними кріпильними деталями різьбових з'єднань є болти, гвинти, шпильки і гайки. Згідно з проведеними підрахунками загальна кількість кріпильних деталей сівалки становить 1265 штук. Як показали дослідження на сівалках найбільш використовуваними є болтові з'єднання М8, М10, М12, їх відповідно 24, 25 і 31% від загальної кількості. Крім того, на посівних машинах використовуються болтові з'єднання М6 і М16, їх менше і становлять 13 і 6 %.

3. Форма протоколу визначення моменту затяжки болтів.

Код систем і складових частин сівалки	Позначення спряження	Номинальний діаметр нарізі, мм	Клас міцності	Фактичний момент затяжки, Нм	Максимальний момент затяжки, Нм	Різниця
1						
2						
3						

Клас міцності болтів на сівалках випуску до 2008 року становить 4,8, на сівалках випуску 2012 року клас міцності збільшений і дорівнює 8.8 (рис. 1).

На сівалках СЗ-3,6, виготовлених в 1998-2005 рр. фіксувалося до 75 % кородованих болтів, гайок і шайб.



Рис. 1. Клас міцності болтів на сівалках випуску 2013 року.



Рис. 2. Відсутність болтового з'єднання, гайки на зерновому ящику.

Найбільшу увагу було приділено визначенню відповідності різьбових з'єднань в збірці нормованим вимогам. Як показали ре-

зультати досліджень шайби в болтових з'єднаннях мають різний зовнішній діаметр і різну товщину, іноді зовсім відсутні (рис. 2, рис. 3), особливо це характерно для сівалок, що використовуються протягом 5 і більше років. Пояснюється це нестачею шайб відповідних розмірів в господарствах і заміною їх на вживані або наявні інших розмірів. Фіксувалися випадки застосування в механізмах кріплення сошників конгргайок, які не відповідали розмірам основних гайок.

Дослідження відповідності різьбових з'єднань системи ємностей зернових сівалок нормованим вимогам щодо допуску на зовнішню довжину болта свідчать, що ймовірність виконання нормованого виступа сівалки 1990 року виготовлення змінюється в межах 11,11-85,71 %, сівалки 2008 року виготовлення – в межах 10,53-33,33, для сівалки 2012 року виготовлення – в межах 66,67-100,00 (рис. 4, рис. 5).



Рис. 3. Розмір конгргайки не відповідає розміру основної гайки.



Рис. 4. Вихід стрижня болта за межі гайки (відповідає нормованим вимогам).



Рис. 5. Вихід стрижня болта за межі гайки (не відповідає нормованим вимогам).



Рис. 6. Послаблення болтового з'єднання.

Дослідженнями виявлено нещільне прилягання стінок насінневих ящиків, що пояснюється слабким затисненням або нерівномірністю загвинчування групових різьбових з'єднань. Треба зазначити, що більшість посівних машин зберігається на відкритих майданчиках, що призводить до появи іржі як між деталями самої машини, так і між деталями та елементами різьбових з'єднань. Наслідком цього є поява зазору і послаблення затяжки (рис. 6).

Зусилля попереднього затягування визначається вимогами до з'єднання. Нормована затяжка різьбових з'єднань - це запорука надійної і безпечної експлуатації сівалки. У вітчизняній практиці найчастіше застосовується затяжка шляхом прикладання до кріпильної деталі необхідного крутного моменту затягування. Для визначення моментів затяжки використовуються галузеві стандарти. Залежно від ступеня відповідальності, міцності і розмірів різьбових з'єднань визначаються відповідні їм величини максимальних і мінімальних моментів затягування, обсягу їх контролю.

Аналіз інструкцій по експлуатації сівалок типу СЗ-3,6А показав, що в них не регламентуються величини крутних моментів затяжки. Тому значення моментів затяжки відповідно ОСТ 37.001.050-73 [27] коливаються в широких межах від 23 до 54 Нм для болтового з'єднання М12, 13-31 Нм – для М10. Контроль затяжки свідчить, що тільки 15% болтових з'єднань М10 відповідають вказаним вимогам, 27 % – неможливо відкрутити через корозію, взаємне проникнення матеріалів болта и гайки в зоні нарізи під дією тривалого навантаження. Технічний рівень зернових сівалок багато в чому визначається показниками якості деталей, що утворюють різьбові з'єднання. Надійні кріпильні вироби сучасних конструкцій – обов'язкова умова розробки і виробництва високоякісної посівної техніки.

Висновки

Розроблена методика дає можливість дослідити та вивчити вплив показників різьбових з'єднань на якість зернових сівалок і виключити можливі недоліки при виготовленні та подальшій експлуатації машин. В результаті аналізу нормативних документів були сформульовані загальні вимоги до якості різьбових з'єднань, у відповідності до яких визначена номенклатура нормованих показників. Розроблений перелік робіт для визначення показників та його інструментальне і документальне забезпечення дозволяють підвищити технічний рівень посівних машин.

Дослідження за розробленою методикою виявили, що різьбові з'єднання сівалок типу СЗ-3,6А не відповідають поставленим вимогам, зокрема фіксувалися кородовані кріпильні вироби, різні параметри елементів в одному з'єднанні, допуск на зовнішню довжину болта, величина моменту затяжки перевищували нормативні значення.

Список літератури

1. Григорович О. Науково-організаційні аспекти технічного переоснащення АПК та розвитку сільськогосподарського машинобудування / О. Григорович, В. Кравчук, В. Гусар // Техніка і технології АПК. – 2012. – № 9. – С. 7–12.
2. Державна цільова економічна програма розвитку вітчизняного сільськогосподарського машинобудування до 2020 року. – К., 2014. – 61 с.
3. Ершова И. Г. Методы оценки технического уровня машин / И. Г. Ершова. – Псков: Изд. ППИ, 2010. – 59 с.
4. Костромський М. В. Сучасний стан технічного забезпечення аграрної сфери економіки України. - Режим доступу: <http://www.economy.nauka.com.ua/>
5. Кулинич І. В. Технологічно-адаптивне забезпечення складання різьбових з'єднань машин: автореф. дис. на здобуття наук, ступеня канд. техн. наук : спец. 05.02.08 „Технологія машинобудування” / І. В. Кулинич. – Тернопіль, 2005. – 19 с.
6. Михайлович Я. М. Використання різьбових з'єднань зернозбиральних комбайнів / Я. М. Михайлович, А. М. Рубець // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: збірник наукових праць Український науково-дослідний інститут прогнозування та випробування техніки і технологій для сільського господарства ім. Л. Погорілого. – Дослідницьке, 2009. – Вип. 13 (27). – С. 301–310.
7. Болты, винты, шпильки и гайки. Технические условия: ГОСТ 1759.0-87. – [Дата введения в действие 1989-01-01]. – М.: Стандартиформ, 2006. – 15 с. – (Межгосударственный стандарт).
8. Болты, винты и шпильки. Дефекты поверхности и методы контроля: ГОСТ 1759.2-82. – [Дата введения в действие 1983-01-01]. – М.: Стандартиформ, 2006. – 7 с. – (Межгосударственный стандарт).
9. Гайки. Дефекты поверхности и методы контроля: ГОСТ 1759.3-83. – [Дата введения в действие 1984-01-01]. – М.: Стандартиформ. – 6 с. – (Межгосударственный стандарт).
10. Болты, винты и шпильки. Механические свойства и методы испытания: ГОСТ 1759.4-87 - ИСО 898-1-78, IDT. – [Дата введения в действие 1989-01-01]. – М.: Стандартиформ. – 16 с. – (Межгосударственный стандарт).
11. Гайки. Механические свойства и методы испытаний: ГОСТ 1759.5-87. – [Дата введения в действие 1989-01-01]. – М.: Стандартиформ. – 12 с. – (Межгосударственный стандарт).
12. Машини сільськогосподарські. Загальні технічні умови: ГСТУ 3-37-5-94. – [Чинний від 1995-07-01]. – 38 с. – (Галузевий стандарт).
13. Патентні дослідження. Основні положення та порядок проведення: ДСТУ 3575-97. [Чинний від 1998-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 1997 – 5 с. – (Національні стандарти України).
14. Гайки шестигранные класса точности В. Конструкция и размеры: (ГОСТ 5915-70, IDT): ДСТУ ГОСТ 5915:2008. – [Чинний від 2008-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України. – 5 с. – (Національні стандарти України).
15. Гайки шестигранные класса точности А. Конструкция и размеры: (ГОСТ 5927-70, IDT) : ДСТУ ГОСТ 5927:2008. – [Чинний від 2008-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України. – 5 с. – (Національні стандарти України).
16. Болты с шестигранной головкой класса точности В. Конструкция и размеры: (ГОСТ 7798-70, IDT) : ДСТУ ГОСТ 7798:2008. – [Чинний від 2008-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України. – 9 с. – (Національні стандарти України).
17. Болты с шестигранной головкой класса точности А. Конструкция и размеры: (ГОСТ 7805-70, IDT) : ДСТУ ГОСТ 7805:2008. – [Чинний від 2008-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України. – 11 с. – (Національні стандарти України).

18. *Механічні* властивості кріпильних виробів, виготовлених з вуглецевої і леґованої сталі. Частина 1. Болти, гвинти і шпильки: (ISO 898-5:1998, IDT) : ДСТУ ISO 898-1:2003. – [Чинний від 2007-10-01]. – К.: Держспоживстандарт України. – 12 с. – (Національні стандарти України).
19. *Механічні* властивості кріпильних виробів. Частина 2. Гайки з установленими значеннями пробних навантаг. Нарізь з великим кроком: (SO 898-2:1992, IDT) : ДСТУ ISO 898-2:2004. – [Чинний від 2006-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України. – 22 с. – (Національні стандарти України).
20. *Механічні* властивості кріпильних виробів. Частина 6. Гайки з установленими значеннями пробних навантажень. Нарізь з дрібним кроком: (ISO 898-6:1994, IDT) : ДСТУ ISO 898-6:2005. – [Чинний від 2007-10-01]. – К.: Держспоживстандарт України. – 16 с. – (Національні стандарти України).
21. *Болти* з шестигранною головкою. Класи точності А і В. Технічні умови: (ISO 4014:1999, IDT) : ДСТУ ISO 4014-2001. – [Чинний від 2003-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України. – 19 с. – (Національні стандарти України).
22. *Болти* з шестигранною головкою. Клас точності С. Технічні умови: (ISO 4016:1999, IDT) : ДСТУ ISO 4016:2007. – [Чинний від 2009-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України. – 10 с. – (Національні стандарти України).
23. *Гайки* шестигранні, тип 1 Класи точності А і В Технічні умови: (ISO 4032:1999, IDT) : ДСТУ ISO 4032-2002. – [Чинний від 2003-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України. – 12 с. – (Національні стандарти України).
24. *Гайки* шестигранні, тип 2. Класи точності А і В. Технічні умови: (ISO 4033:1999, IDT) : ДСТУ ISO 4033-2002. – [Чинний від 2003-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України. – 11 с. – (Національні стандарти України).
25. *Вироби* кріпильні. Загальні вимоги до болтів, гвинтів, шпильок і гайок: (ISO 8992:1986, IDT) : ДСТУ ISO 8992:2006. – [Чинний від 2007-10-01]. – К.: Держспоживстандарт України. – 8 с. – (Національні стандарти України).
26. *Затяжка* резьбовых соединений. Классы соединений, ряды крутящих моментов и технические требования: ОСТ 37.001.031-72. – [Дата введения в действие 1973-10-01]. – М.: Министерство автомобильной промышленности. – 8 с. – (Отраслевой стандарт).
27. *Затяжка* резьбовых соединений. Нормы затяжки: ОСТ 37.001.050-73. – [Дата введения в действие 1975-07-01]. – М.: Министерство автомобильной промышленности. – 3 с. – (Отраслевой стандарт).

В статъе представлена методика оценки качества показателей резьбовых соединений зерновых сеялок типа СЗ-3,6А и приведены результаты исследований.

Зерновые сеялки, резьбовые соединения, нормативные документы, качество.

The paper presents a methodology for assessing the quality indicators of threaded connections of grain drills type СЗ-3,6А and the results of research.

Grain drills, threaded connections, regulatory documents, quality.