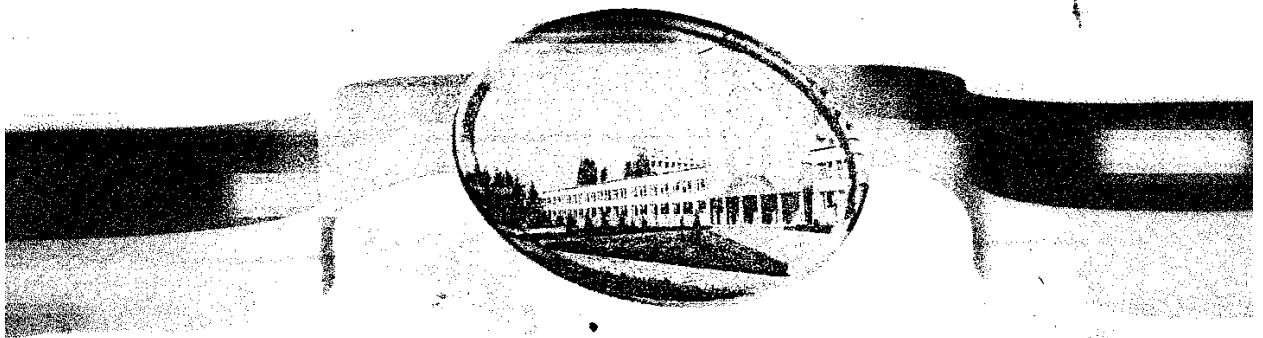


**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ,  
МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ**

**КІРОВОГРАДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**



**КОНСТРУЮВАННЯ, ВИРОБНИЦТВО  
ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ  
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ  
МАШИН**

**Випуск 41**

**Частина I**

**КІРОВОГРАД•2011**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ,  
МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ**

**КІРОВОГРАДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**КОНСТРУЮВАННЯ, ВИРОБНИЦТВО  
ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ  
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ  
МАШИН**

**Загальнодержавний міжвідомчий  
науково-технічний збірник**

Заснований у 1971 р.

За загальною редакцією М.І. Черновола

**Випуск 41**

**Частина I**

КІРОВОГРАД • 2011

УДК 631.3.001.1 (082)

Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин, вип. 41, ч. I. – Кіровоград: КНТУ, 2011. — 444 с.

В збірнику викладені питання розрахунку і конструювання, удосконалення конструкцій, створення і дослідження нових робочих органів сільськогосподарських машин, засобів механізації, електрифікації та автоматизації сільськогосподарського машинобудування. Описані результати досліджень технологій виробництва, надійності та довговічності машин. Дані практичні рекомендації по використанню результатів досліджень і дослідно-конструкторських розробок в сільськогосподарській і інших галузях машинобудування.

Збірник розрахований на наукових і інженерно-технічних робітників науково-дослідних інститутів, ВНЗ, конструкторських організацій і промислових підприємств.

Рекомендовано до друку Вченою радою Кіровоградського національного технічного університету, протокол №3 від 31 жовтня 2011 року.

Редакційна колегія: Бойко А.І., д.т.н., проф.; Гамалій В.Ф., д.ф-м.н., проф.; Зіновік М.А., д.х.н., проф.; Косінов М.М., к.т.н., доц. (відповідальний секретар); Носуленко В.І. д.т.н., проф.; Павленко І.І., д.т.н., проф.; Петренко М.М., к.т.н., проф. (заст. відп. редактора); Сало В.М., д.т.н., проф.; Черновол М.І., д.т.н., проф. (відповідальний редактор).

Адреса редакційної колегії: 25006, м. Кіровоград, пр. Університетський, 8, Кіровоградський національний технічний університет, тел.: 390-581, 390-472, 55-10-49.

Автори опублікованих матеріалів несуть відповідальність за підбір і точність наведених фактів, цитат, економіко-статистичних даних, власних імен та інших відомостей, а також за те, що матеріали не містять даних, які не підлягають відкритій публікації. Редакція може публікувати статті в порядку обговорення, не поділяючи точки зору автора.

Збірник включений ВАК України в перелік спеціалізованих видань з технічних наук (біюлетень ВАК №5 від 2010р.).

Реєстраційне свідоцтво: серія КВ № 15254 – 3826 ПР від 30.04.2009 р.

УДК 62-7:631.354.2

К.М. Думенко, доц., канд. техн. наук  
Миколаївський державний аграрний університет

## Нові шляхи підвищення надійності зернозбиральних машин

У статті описано нові шляхи вирішення проблеми надійності зернозбиральної техніки з урахуванням складної ситуації, яка склалася в Україні на сьогодні.  
**зернозбиральні машини, ремонт, відновлення, відмова, збирання врожаю, пошкодження, ланцюгова передача**

Надійність збиральної машини в значній мірі залежить від технологічного процесу, закладеного в основу її розробки. Прийняті технологічні схеми збирання зерна основані на концентрації великої кількості операцій, викликаних необхідністю одночасного збору в процесі збирання двох видів продуктів (зерна і стеблової маси). Тому вітчизняні зернозбиральні машини мають велику кількість механізмів, що підвищує ймовірність технічних відмов. Ці особливості обмежують можливість різкого підвищення продуктивності при збиранні врожаю. При двофазному збиранні, яке широко використовується в зарубіжній практиці збирається тільки один продукт - зерно. Концентрація операцій при цьому та кількість механізмів навпаки зменшується, внаслідок чого ймовірність технічних відмов і загальна енергоємність машин знижуються. Підвищення продуктивності збиральних агрегатів викликає особливо підвищені вимоги до надійності машин, так як однаковий час простою з технічних відмов високопродуктивного агрегату (у порівнянні з малопродуктивним) приносить більш відчутну шкоду господарству або зовсім паралізує збиральні роботи, якщо такий агрегат є в господарстві в єдиному числі (що є характерним для нашої країни в останні роки). У зв'язку з цим в даний час ставиться задача доведення надійності збиральних агрегатів до такого рівня, при якому втрати часу на усунення технічних відмов не перевищували б 5 % часу чистої роботи.

Зернозбиральні машини працюють в складних польових умовах. При взаємодії з потоком рослин можливі раптові аварійні пошкодження робочих органів особливо при попаданні разом з стебловою масою різних інерідних включень. Аварійні пошкодження можуть виникнути і в результаті втомлюючої дії циклічних навантажень, або перевантажень обумовлених нерівномірною подачею стеблової маси.

Раптові аварійні пошкодження залежать від ступеня засміченості поля сторонніми включеннями, тобто: культури існуючої загальної землеробства, конструктивної міцності робочих органів і застосування спеціальних пристроїв захисту від можливих аварійних пошкоджень. Аварійні пошкодження характеризуються інтенсивністю їх проявлення і на жаль займають немале місце серед причин виходу з ладу робочих органів збиральних машин.

При експлуатації кукуруддозбиральних комбайнів зустрічаються відмови пов'язані з різного роду забиваннями систем охолодження, змашування або очистки. Відомі відмови внаслідок негерметичності гідравлічної апаратури, підтікання масла, засмокування повітря, вібрації трубопроводів.

Нерідко зустрічаються відмови, які пов'язані з порушенням в роботі електричних або електронних систем комбайнів. Вони можуть виникати раптово, або

формуватися поступово приводячи до функціональних відмов тих чи інших систем комбайну.

Особливе місце у роботі механічних систем займають відмови пов'язані зі зношенням деталей механізмів і вузлів. Відмови, що обумовлені зношенням деталей, займають суттєву долю серед інших відмов характерних і для збиральних машин, які в більшій мірі проявляються з часом експлуатації. Вважається, що в умовах високої запиленості домінуючою формою зношування може бути абразивне [1]. Цей вид зношування обумовлений безпосередньою взаємодією робочих поверхонь металу з твердими абразивними частинками, які знаходяться в запиленому повітрі або на поверхні рослин і попадають в зону тертя. У результаті багатоциклових навантажень на поверхнях тертя проявляється втомлююче зношування з відокремленням частинок металу [1, 2]. Важливу роль в інтенсифікації зношування відіграють і хімічно-активні речовини, що завжди присутні у зволоженій рослинній масі [3]. Вони сприяють зниженню міцності поверхневого шару внаслідок проникнення молекул поверхво-активних речовин в кристалеву структуру металу [4]. Як правило, представлений механізм і хімізм зношування проявляється в комбінованій формі з домінуючим впливом одного з факторів.

Абразивне зношування може спостерігатися у ріжучих та подрібнюючих елементів кукурудоззбиральних машин. Під дією абразивних частинок зношуються витки шнекових транспортуючих та вивантажувальних робочих органів. Шнекові робочі органи зношуються по периметру торців витків, що приводить до збільшення зазорів між шнеком і кожухом і, як наслідок - втрати продуктивності транспортерів. Можливо зношування і підшипникових вузлів якщо вони конструктивно недостатньо захищені від попадання пилу.

Причинами проявлення деяких пошкоджень є недостатня якість виготовлення деталей і вузлів. Низька технологічна культура, безвідповідальність і відсутність контролю приводить до розрегулювання, забивання механізмів, розгерметизації гідравлічних систем тощо.

Аналіз вузлів механічних приводів кукурудоззбиральної техніки показав, що в даній галузі застосовується відносно вузький спектр видів передач і вузлів. Як і очікувалося, в існуючих зразках закордонної та вітчизняної збиральної техніки використовується велика кількість ланцюгових і пасових передач. Відомо, що механічні приводи сільськогосподарських машин відносяться до систем багатократної дії, для експлуатації яких характерна циклічність. Термін служби машини залежно від її типу коливається в межах 5...10 років. Отже, розрахункова довговічність приводу і його складових частин повинна складати 450...2500 ч. Але на превеликий жаль приведені дані в більшості випадків не відповідають дійсності, що в свою чергу говорить о технічній невідосконаленості існуючих конструкцій та механізмів. Необхідно відзначити, що останнім часом в закордонних зразках кукурудоззбиральної техніки, ланцюгові передачі витісняють пасові, оскільки, часто передчасні відмови пасових передач, спричиняють за собою непередбачені економічні витрати, пов'язані не тільки з додатковим ремонтом і технічним обслуговуванням устаткування але і загальними втратами сільськогосподарської продукції із-за простоїв техніки при ремонті.

Аналітичний огляд механічних приводів вітчизняних та закордонних зразків показав, що в зернозбиральних машинах застосовують ланцюгові передачі (55 %), пасові передачі (30 %), закриті зубчаті передачі (10 %) та інші (5%). Представлене на рис.1 відсоткове співвідношення дозволяє систематизувати і представити у вигляді блокової структури механічний привід зернозбиральної машини. На сьогоднішній день існуючі приводи зернозбиральної техніки не дозволяють повністю механізувати і автоматизувати весь процес збирання.

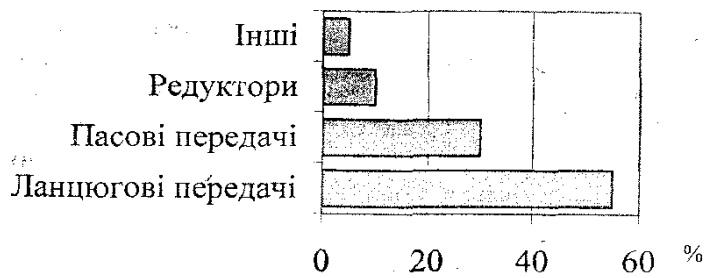


Рисунок 1 - Типи передач кукурудзозбиральної техніки

Під час проведення аналізу кукурудзозбиральні машини класифікувались по областях застосування залежно від технологій збирання, при цьому враховувалась специфіка роботи та наявність механічних приводів різної потужності. Загальний аналіз надійності кукурудзозбиральних машин показав, що найбільше число відмов пов'язано з відмовами у вузлах механічних приводів і складає 69 %. У свою чергу, детальний аналіз відмов механічних приводів кукурудзозбиральних машин показав, що найуразливішими вузлами є пасові передачі (46 %). Як показали дослідження, відмови редуктора складають 34%, ланцюгових передач - 20% від загального числа відмов (рис. 2).

У відсотковому відношенні більш 80 % всіх видів відмов пасових передач можна віднести до відмов ремня і лише близько 20 % відмов пов'язані з відмовами опор або шківів. Це пояснюється міцністю та якістю матеріалів, які вживаються для виготовлення пасів, тоді як шківів та опор виготовляються з високоміцних сталей, що дозволяє витримувати високі навантаження і зберігати працездатність впродовж всього терміну служби вузла. Відмови пасових передач можна розділити на два основні види: 1) - пошкодження паса: недостатній натяг (29 %), пошкодження або розрив (71 %), та 2) - пошкодження опор і шківів пасових передач: відмова натяжних пристосувань (39 %), перекіс вісей передачі (61 %). Пасові передачі в процесі експлуатації випробовують не тільки механічні навантаження, але і дію агресивного навколишнього середовища. В період використання і технічного обслуговування необхідно стежити за тим, щоб провідний і відомий шківів знаходилися в одній площині, а радіальне і торцеве биття залежно від діаметру шківів не перевищувало в середньому 0,4... 1,0 мм. Проте в реальних передачах даний параметр майже ніколи не витримується і перевищує норму, іноді в 2 і більше разів.

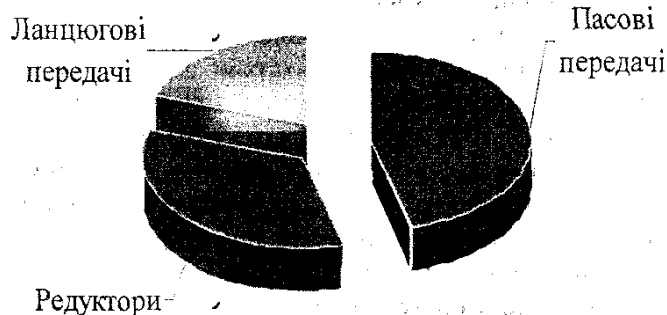


Рисунок - 2 Відмови механічних приводів зернозбиральних машин

Відмови окремих вузлів і з'єднань редуктора викликані різними чинниками: конструктивними (15 %), експлуатаційними (5 %), параметричними (15 %) та виробничими (65 %). Відмови корпусних деталей: деформація і перегрів корпусу (19 %), протікання оливи з корпусу редуктора (53 %), недостатньо жорстке закріплення

корпусу (28 %) - в основному виникають із-за неякісного виготовлення або помилок при експлуатації. Відмови валів і опор машин відбуваються із-за перекосу валів (18 %), зсуву підшипників (23 %), неспіввісності валів (11 %), забруднення і зношування підшипників (46 %), биття валів (12 %) Відмови зубчатих передач виникають шляхом механічного зносу (19 %), корозійний-механічного зносу (30 %). Всі перераховані пошкодження обумовлені впливом механічних, термомеханічних, вібраційних і інших видів процесів, що протікають в окремих вузлах і складальних одиницях редукторів. Вибір матеріалу з урахуванням специфіки роботи приводу для вузлів редуктора, їх термообробка знижує ризик передчасних відмов і збільшує ресурс роботи деталей. При технічному обслуговуванні необхідно контролювати стан зубчатих коліс, а також контролювати причини, що викликають інтенсивний знос і збільшення радіального та вісьового биття.

Відмови ланцюгових передач слід розділити на дві основні групи: відмови ланцюга: зісковзування (11 %), обрив (89 %) - і відмови опор і зірочок: знос (42 %), відхилення від співвісності (37 %), слабе натягнення ланцюга (21 %). Ланцюгові передачі експлуатуються в досить важких умовах, що викликає підвищений знос їх деталей, приводить до подовження і розриву ланцюга. Як правило, основним видом відмови ланцюгової передачі є вихід з ладу ланцюга із-за зісковзування або обриву. Як показали дослідження причин відмов ланцюгових передач, більше 75% пошкоджень пов'язані саме з пошкодженнями самого ланцюга, лише 25 % поломок можна віднести до другого основного типу відмови - пошкодження опор або зірочок ланцюгової передачі. Це пов'язано з тим, що при проектуванні ланцюгової передачі конструктор особливу увагу приділяє розрахунку на міцність і довговічність зірочкам і опорам передачі, при цьому детально не зупиняючись на міцністному розрахунку та виборі виду ланцюга для приводу механізму.

Аналіз відмов механічних передач показав, що необхідне особливу увагу приділити процесу проектування окремих вузлів приводів. Правильний вибір матеріалів, геометричних параметрів, перевірка кінематичних і силових характеристик дозволить зменшити кількість відмов і продовжити термін служби аналізованої передачі.

Вирішуючи завдання підвищення надійності збирального агрегату, часто розглядають його надійність в цілому, що ускладнює відшукування прихованих резервів в окремих його механізмах. Для забезпечення необхідного рівня надійності всієї збиральної машини необхідне використання додаткових міроприємств у вигляді застосування необхідних технічних та організаційних робіт, ґрунтуючись на відповідних дослідженнях. В конструкціях механічних приводів кукурудоззбиральних машин необхідно використовувати антикорозійні-, износо- і температуростійкі матеріали підвищеної міцності та надійності, а також захисні покриття і ущільнення. При цьому аналізу і доопрацюванню повинен піддаватися кожен окремий механізм машини, кожний робочий орган збирального комбайна, а також технологічний процес його роботи. Надійність та довговічність складових елементів агрегату слід доводити до рівня, що не перевищує їх рівноцінності. Моторесурс малоресурсних запасних частин повинен бути рівним нормативу сезонного наробітку агрегату, а решту - кратним йому, щоб не викликати зупинок для їх заміни в період збирального сезону.

У реальній експлуатації машини завжди старіють фізично - це обумовлено процесами зношування, втомленості, корозії, забивання тощо. Протікання цих процесів неминуче приводить до зниження рівня роботоздатності, який може бути охарактеризований величиною інтенсивностей відмов.

У той же час ремонтно-обслуговуюча база технічного сервісу машин може знаходитись в різних можливих станах від зменшення потенціалу і можливостей (старіння) до розвитку обумовленого впровадженням новітніх технологій і методик технічного обслуговування і ремонту.

Для комплексної оцінки стану і тенденцій змін в загальному рівні забезпечення надійної роботи машин, особливо сезонного призначення, необхідно розглянути цілісну систему "машина – технічне обслуговування" в динаміці зміни їх характеристик.

У минулих дослідженнях цього питання було встановлено два поняття – функція готовності та функція відновлення. Якщо накласти графіки отриманих функцій одне на одне, то можемо отримати точку перетину цих кривих, яка теоретично дасть можливість описати необхідні параметри з метою збереження роботоздатного стану складної технічної системи (рис. 3.).

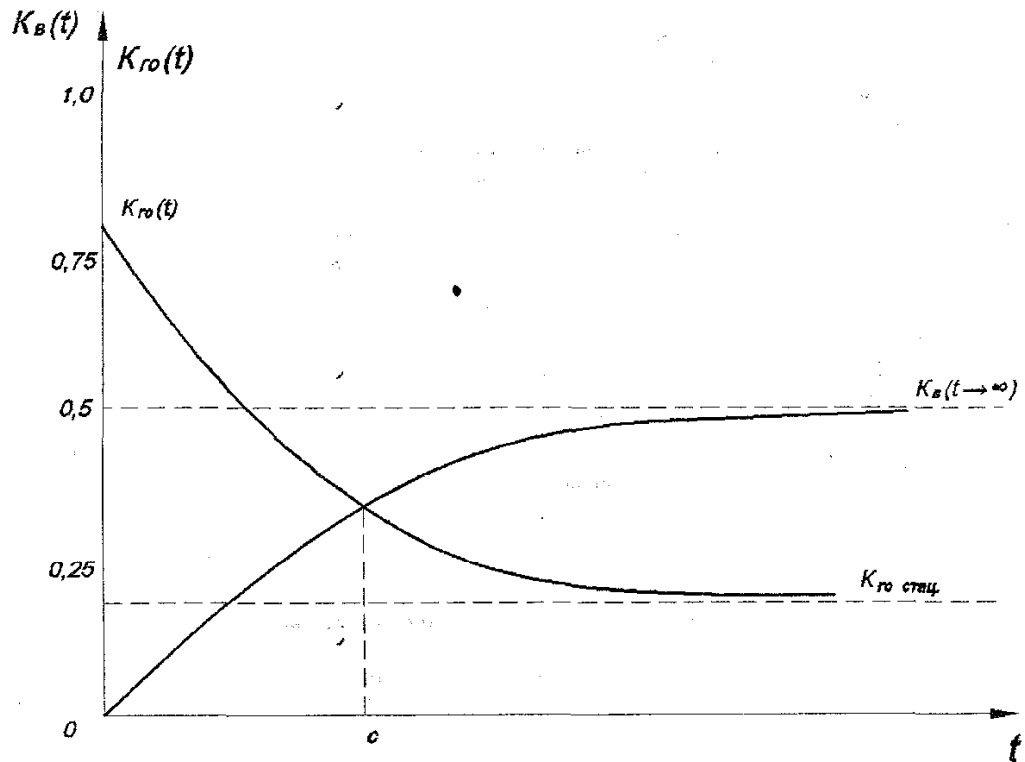


Рисунок – 3 Графічний синтез функції готовності та відновлення

Якщо прийняти, що фактор часу прямує до нескінченності ( $t \rightarrow \infty$ ), то функція готовності набуває сталого значення:

$$K_2(t \rightarrow \infty) = \frac{\mu_1 \mu_1 + \lambda_0 \mu_1 + \lambda_0 \mu_1}{\mu_1 \mu_1 + \lambda_0 (\mu_1 + \mu_1) + \lambda_0 (\mu_1 + \lambda_0 + \mu_1)}$$

Також можна представити коефіцієнт простою технічної системи в усталеному режимі експлуатації і виразити, як функцію:

$$K_2(t \rightarrow \infty) = \frac{p \lambda_0 \lambda_0 \mu_1}{\mu_1 \mu_1 + \lambda_0 (\mu_1 + \mu_1) + \lambda_0 (\mu_1 + \lambda_0 + \mu_1)}$$

Отримане значення функції готовності є граничним її значенням і відповідає загальному прийнятому поняттю коефіцієнта готовності. Фактично формула відображає асимптоту, до якої прямує функція готовності зернозбиральних комбайнів при



нескінченному зростанні часу експлуатації технічних систем, що розглядаються в умовах поліпшення бази їх технічного обслуговування (сервісу).

Графік поєднання функцій готовності та відновлення дає можливість прогнозувати технічні відмови зернозбиральної техніки, а тим самим підвищити надійність такої технічної системи.

### Список літератури

1. Ушаков И.А. Курс теории надежности систем / И.А. Ушаков. — М.: Дрофа, 2008. — 239 с.
2. Науково-методичні принципи забезпечення надійності вітчизняних зернозбиральних комбайнів [Собчук М., Коваль С., Погорілий В., Горбатов В. та ін.] // Техніка АПК – 2004. – № 4-5. – с. 8-18.
3. Бондар М. Нема альтернативи вітчизняному комбайнобудуванню! / М. : Бондар // Техніка АПК. — 2002. — № 10. — С. 6-7.
4. Думенко К.М. Зернозбиральна техніка: проблеми, альтернативи, прогноз / К.М. Думенко, А. Бойко // Техніка і технології АПК. — 2011. — № 16. — С.11-14.
5. Думенко К.М. Загальні засади формування аспектів надійності складної сільськогосподарської техніки / К.М. Думенко // збірник наукових праць ХНТУСГ. – Харків — 2010. — № 93. — С. 265-272.
6. Бойко А.І. Дослідження функції готовності механічних систем при накопичуванні пошкодження / А.І. Бойко, К.М. Думенко // Проблеми обчислювальної механіки і міцності конструкцій: збірник наукових праць ДНУ. – Дніпропетровськ : Наука і освіта, 2010. — Вип.14. — С. 72-78.

*К. Думенко*

#### **Новые пути повышения надежности зерноуборочных машин**

В статье описаны новые пути решения проблемы надежности зерноуборочной техники с учетом сложной ситуации, которая сложилась в Украине на сегодня. зерноуборочные машины, ремонт, возобновление, отказ, уборка урожая, повреждение, цепная передача.

*K. Dumenko*

#### **The New ways of increase of reliability of combine machines**

The new ways of decision of problem of reliability of cutting equipment taking into account a difficult situation, which was folded in Ukraine for today, are described in the article. Cutting equipment, repair, renewal, refuse, harvesting, damage, chain-drive.

Одержано 16.09.11