

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії та енергетики

Кафедра машиновикористання
та сервісу технологічних систем

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Кравчук Денис Олександрович

УДК 631. 354.2

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ МАШИН
Спеціальність 208 «Агроінженерія»

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр

кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ Д.О. Кравчук

Керівник роботи

Білецький Віктор Романович

к.т.н., доцент

Житомир – 2020

АНОТАЦІЯ

Кравчук Д.О. Підвищення надійності зернозбиральних машин. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису. Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 – агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2020.

Якісне та своєчасне збирання зернових культур неможливе без застосування надійної техніки. Сучасні зернозбиральні комбайни, це інтелектуальні машини які здатні працювати у найрізноманітніших природно-кліматичних та виробничих умовах, забезпечуючи при цьому надійну роботу всіх систем та механізмів, а також дотримання заданих режимів виконання технологічних процесів збирання. Наявність технічних рішень, які знайшли своє відображення в конструкціях комбайнів, дозволяє з меншими втратами врожаю та часу, виконати весь комплекс робіт.

Ключові слова: надійність, зернозбиральний комбайн, аграрне виробництво, зернові культури, параметр, система, механізм,

SUMMARY

Kravchuk D.O. Improving the reliability of grain harvesters. – Qualification work on the rights of the manuscript. Qualifying work for a master's degree in specialty 208 – agroengineering. – Polissya National University, Zhytomyr, 2020.

High-quality and timely harvesting of grain crops is impossible without the use of reliable equipment. Modern combine harvesters are intelligent machines that are able to work in a variety of climatic and industrial conditions, while ensuring the reliable operation of all systems and mechanisms, as well as compliance with specified modes of harvesting processes. The presence of technical solutions, which are reflected in the design of combines, allows with less loss of yield and time to perform the full range of work.

Keywords: combine harvester, agricultural production, grain crops, parameter, system, mechanism.

ЗМІСТ

	стор.
Вступ.....	4
Розділ 1. Огляд наукової літератури з питань збирання зернових культур.....	6
Розділ 2. Програма та методика виконання досліджень.....	11
Розділ 3. Оцінка надійності основних систем зернозбиральних комбайнів.....	14
Висновки.....	21
Список використаних джерел.....	22

ВСТУП

Актуальність теми. Аналіз забезпечення аграрного виробництва сучасними зернозбиральними комбайнами, огляд літературних джерел та наукових праць показав, що підвищення надійності роботи основних систем, обґрунтування раціональних параметрів та режимів їхньої роботи є актуальною проблемою і важливим джерелом зменшення втрат при виконанні збиральних робіт.

Мета і завдання роботи. Мета роботи полягає в підвищенні надійності збиральних машин, шляхом обґрунтування раціональних параметрів і режимів роботи основних систем зернозбиральних комбайнів. Завдання по кваліфікаційній роботі наступні:

1. Провести аналіз стану забезпечення аграрних підприємств України, сучасними зернозбиральними комбайнами.
2. Проаналізувати конструкційно-технологічні схеми роботи комбайнів.
3. Дослідити які параметри, конструкційні чи технологічні, найбільше впливають на показники надійності.
4. Обґрунтувати оптимальні параметри робочих органів для забезпечення надійної роботи зернозбиральних комбайнів.

Предмет дослідження. Конструкційно-технологічні схеми роботи сучасних зернозбиральних комбайнів.

Об'єктом дослідження є вибір оптимальних параметрів роботи зернозбиральних комбайнів та їх вплив на надійність.

Методи дослідження. Використовувались сучасні методики проведення аналітичних досліджень технічних та технологічних параметрів, сучасних зернозбиральних комбайнів, які спрямовані на забезпечення надійної та якісної роботи збиральної техніки. Теоретичні дослідження базувались на використанні законів теоретичної механіки, механіки матеріалів і конструкцій, теорії деталей машин та вищої математики. Експериментальні дослідження виконувались за допомогою методики планування факторного експерименту. Виробнича

перевірка проводилась в польових умовах.

Перелік публікацій автора за темою дослідження. 1. Білецький В.Р., Задорожний І.С., Кравчук Д.О. Підвищення надійності збиральних машин / Наукові читання–2020: Матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики, 5-6 березня 2020р. Житомир: ЖНАЕУ, 2020. – С. 50.

2. Задорожний І.С., Кравчук Д.О. Аналіз шляхів підвищення надійності збиральних машин / Біоенергетичні системи: Матеріали 4 міжнародної науково-практичної конференції «Біоенергетичні системи». Частина 1, 29 травня 2020р. – Житомир: Поліський національний університет, 2020. – С. 206-207.

3. Кравчук Д.О., Задорожний І.С. Надійна збиральна техніка, якісне збирання врожаю / Студентські читання – 2020: Матеріали науково-практичної конференції факультету інженерії та енергетики «Студентські читання – 2020». 26 жовтня 2020р. Житомир: Поліський національний університет, 2020. – С. 310-312.

Практичне значення отриманих результатів. Отримані в результаті проведених досліджень результати аналізу надійності роботи сучасних зернозбиральних комбайнів, мають практичний інтерес та можуть бути використаними на виробництві для вибору надійної збиральної техніки. На практиці підтверджено, що всі системи і механізми комбайнів досить важливі для забезпечення якісного технологічного процесу.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу та трьох розділів. Кваліфікаційна робота виконана на 24 сторінках, містить 13 рисунків. Список використаних джерел містить 26 праць.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ З ПИТАНЬ ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

Збирання та послідуєча післязбиральна обробка зернових культур, є заключним, а тому досить важливим, етапом процесу їхнього вирощування. Це найбільш енергоємні та відповідальні операції у всіх технологіях вирощування зернових та зернобобових культур. В структурі загальних витрат на виробництво сільськогосподарських культур збирання потребує від 30 до 50% витрат енергії, а також від 45 до 60% витрат трудових ресурсів. З метою якісного збирання врожаю у оптимальні терміни, необхідно використовувати сучасні технології, а також новітні технічні засоби для забезпечення відповідних технологій, що призводить до можливості оцінки рентабельності виробництва загалом [4, 5, 12].

Особливістю збирання зернових культур, є обмеження оптимального періоду виконання робіт агрономічними термінами в межах від 7 до 10 днів, що визначаються біологічними особливостями культури, погодними умовами і характером ґрунтів [15]. В іншому випадку, будемо мати значні втрати врожаю.

Аналіз сучасного стану механізації збирання зернових культур вказує на її низьку ефективність. Наявні статистичні дані свідчать про певну тенденцію зменшення загальної кількості комбайнового парку, збільшення частки несправних машин, їхнього зношування, підвищення середнього навантаження на комбайн. Терміни збиральних робіт за регіонами України (навіть з врахуванням збирання різних за часом дозрівання культур) перевищують нормативи у кілька разів [4, 5].

Забезпечення господарств зернозбиральними комбайнами, а також досягнутий рівень їхнього використання, суттєво впливають на валовий збір сільськогосподарських культур. Відомо, наприклад, що інколи втрати зерна досягають від 25 до 30% при несвоєчасному збиранні зернових колосових на 10...14 днів [12]. Саме тому господарствам необхідно мати відповідну кількість комбайнів, для забезпечення збирання зернових культур в оптимальні агротехнічні терміни.

В той же час, як свідчать статистичні дані, в Україні останніми роками спостерігається поступове щорічне зростання площ під зерновими культурами, а також збільшення валового збору врожаю.

Оцінюючи переваги певної моделі зернозбирального комбайна, необхідно враховувати не тільки його ціну, певні техніко-економічні параметри, а і вартість намолоту тони врожаю, адже в цьому показнику знаходять відображення ціна комбайна і експлуатаційні витрати, вартість запасних частин та безумовно надійність [4, 13].

Основним напрямом вдосконалення конструкцій зернозбиральних комбайнів та їхніх робочих органів є підвищення продуктивності з одночасною мінімізацією втрат врожаю. Як показує практика, кожен комбайн може працювати ефективно за певних умов. На ефективність використання комбайнів, суттєво впливає також їх технічний рівень та технічний стан, а також забезпеченість технічним сервісом.

Сучасні зернозбиральні комбайни (рис. 1.1), більш комфортні (рис. 1.2), у них підвищена енергонасиченість технологічного процесу, а також наявні електронні системи його контролю та автоматичного регулювання (рис. 1.3 та рис. 1.4).



Рис. 1.1. Загальний вигляд сучасного зернозбирального комбайна.



Рис. 1.2. Кабіна та органи керування.



Рис. 1.3. Система автоматичного регулювання процесів сепарації та очищення.



Рис. 1.4. Сучасна панель керування роботою зернозбирального комбайна.

Для ефективної роботи зернозбирального комбайна, необхідно забезпечити оптимальне завантаження всіх його систем, насамперед молотильно-сепаруючу, оскільки вона забезпечує пропускну здатність хлібної маси, це сприяє продуктивній роботі та зменшенню травмування зерна.

Напрямок розвитку сучасних зернозбиральних комбайнів, залежить від потреб аграріїв, сюди відносять: широку номенклатурність типажу базових моделей і модифікацій; важливим є вартість; забезпечення якісного технічного обслуговування та ремонту; підвищена експлуатаційна надійність; забезпечення автоматичного контролю за технічними і технологічними параметрами [4, 26].

Одним з істотних резервів підвищення продуктивності і надійності комбайнів є гармонізація їхньої конструкції для узгодженої роботи двигуна з основними системами зернозбирального комбайна. Від дотримання певних співвідношень буде залежати витрата паливно-мастильних матеріалів, надійність та якість виконання технологічних операцій, доступність технічного обслуговування і ремонту. Двигуни сучасних зернозбиральних комбайнів мають електронні системи керування, що дозволяє забезпечувати виконання необхідних робіт зі збирання зернових культур, відповідно до сезонного навантаження на комбайн, урожайність сільськогосподарських культур тощо [16].

Аналіз багатьох моделей комбайнів різних фірм виробників, показав певну подібність і однорідність комбайнів за параметрами, причому не залежно від їх конструкційних та компоновальних схем. Відхилення за окремими параметрами є, але вони незначні, в загальному не більше 8...10%.

Подальше вдосконалення зернозбиральних комбайнів, передбачає одночасне підвищення якісних показників, а також підвищення ефективності процесу роботи зернозбирального комбайна. Це можна забезпечити при оптимальних параметрах виконання робочих процесів, але переважно робота зернозбирального комбайна здійснюється при змінних складових показниках, наприклад: різна врожайність та вологість хлібної маси; різна конфігурації,

рельєф та площа поля, це призводить до коригування показників ефективності їхньої роботи.

Досягнути дотримання показників ефективної роботи зернозбирального комбайна, можна адаптувавши його до умов збирання, тобто умов аграрного господарства, внаслідок моніторингу і оперативного керування процесом роботи, що дасть суттєве підвищення ефективності технічних засобів.

РОЗДІЛ 2. ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Програмою досліджень по виконанню кваліфікаційної роботи, передбачено виконання моніторингу за роботою зернозбиральних комбайнів у виробничих умовах їхньої експлуатації для отримання достовірних даних стосовно відмов, а також експериментальної оцінки головних показників експлуатаційної надійності агрегатів і систем комбайнів, особливо в понаднормативний термін роботи.

Головними показниками експлуатаційної надійності зернозбиральних комбайнів є, напрацювання на відмову, потік відмов, ймовірність безвідмовної роботи. з точки зору ремонтпридатності, середня тривалість відновлення працездатності та ймовірність відновлення працездатності за певний проміжок часу. Звичайно важливими є комплексні показники, такі як коефіцієнт готовності та коефіцієнт технічного використання.

Дані щодо надійності зернозбиральних комбайнів, отримані з використанням методу пасивного експерименту, у виробничих умовах експлуатації. Під час виконання кваліфікаційної роботи, за основу були обрані дані з аграрних господарств Житомирської області, у відповідності до обраної методики з необхідною кількістю повторювань для достовірності показників надійності.

Отримані дані моніторингу надійності зернозбиральних комбайнів, оброблені з використанням методів математичного аналізу за допомогою комп'ютерної техніки.

Запропоновано підхід до обґрунтування комплексу запасних частин у складі мобільного пункту технічного обслуговування та ремонту, відповідно до необхідного запасу. Наступним етапом є обґрунтування кількості мобільних пунктів, особливо під час проведення робіт зі збору врожаю.

Конструкційно зернозбиральні комбайни, мають значну кількість різного роду механічних систем, від надійної роботи яких, залежить загальна надійна робота в цілому.

На полях аграрних господарств Житомирської області представлено значна кількість моделей зернозбиральних комбайнів різних комбайно будівних компаній. Безумовно, що кожна модель має свій технічний рівень, який впливає на надійність роботи систем в повному обсязі. В ринкових умовах конкуренції, досить складно отримати інформацію стосовно основних експлуатаційних характеристик кожної одиниці техніки.

В залежності від технічного рівня зернозбирального комбайна, можемо проаналізувати певні показники і параметри оцінювання з точки зору відповідності заявленій пропускній здатності молотильної системи, а також потужності двигуна. На роботоздатність основних систем зернозбирального комбайна значний вплив має технічна характеристика жатки, з точки якісного зрізання та подачі хлібної маси до молотильної системи. Цікавим є спостереження за рівнем інтелектуальної роботи зернозбиральних комбайнів.

Враховуючи, що збиральні машини в процесі технічної експлуатації підлягають ремонту, регулюванням та різним видам технічного обслуговування, її зношування можливо оцінити за сумарними витратами часу (і відповідно засобів) для відновлення втраченої роботоздатності [9].

Основним показником надійності зернозбиральних комбайнів є коефіцієнт технічної готовності K_T , який визначають за формулою [3]:

$$K_T = \frac{T_i}{T_i + t_{\text{від}}} \quad (1)$$

де: T_i – напрацювання машини в годинах основного часу, год,

$t_{\text{від}}$ – сумарний час на усунення відмов та несправностей за час напрацювання, год.

Коефіцієнт готовності, комплексний показник, який характеризує не лише надійність конструкції технічного засобу, але й стан ремонтної служби господарства. Його можна підвищити шляхом зниження часу на відновлення $t_{\text{від}}$ включає в себе час пошуку відмови, час на підготовку техніки до ремонту,

виявлення причини відмови, доставлення техніки до місця ремонту і назад до місця експлуатації, доставлення вузлів і деталей та ремонтних засобів (пересувної ремонтної майстерні, зварювального апарату, вантажопідійомних засобів та іншого обладнання), очікування ремонту і запасних частин, ремонт та післяремонтне регулювання. Покращення організації ремонтної служби може значно підвищити надійність сільськогосподарських машин в процесі їх експлуатації [24]

РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ ОСНОВНИХ СИСТЕМ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

Сучасні зернозбиральні комбайни, це високого технічного рівня машини, які обладнані автоматизованими системами для контролю за технічними параметрами, а також технологічними режимами. При цьому здійснюється не тільки контроль, задаються відповідні узгоджені між собою параметри для збирання певного виду сільськогосподарської культури.

Для виконання моніторингу за технічним станом комбайнів, візьмемо наприклад комбайн CLAAS LEXION 670/650, загальний вигляд і основні елементи конструкції наведено на рис. 3.1 [26].



Рис. 3.1. Зернозбиральний комбайн CLAAS LEXION 670/650:

1. GPS PILOT; 2. CEBIS; 3. LASER PILOT; 4. Жатка VARIO; 5. AUTO CONTOUR; 6. Двигун Perkins; 7. MULTIFINGER SEPARATION SYSTEM (MSS); 8. Високопродуктивний соломотряс; 9. Система обмолоту APS; 10. PROFI CAM; 11. Радіальний розподільник з механічним приводом і автоматичною адаптацією напрямку кидка; 12. Новий подрібнювач SPECIAL CUT; 13. Розподільник

полови; 14. Повний привід; 15. Очищення 3D; 16. AUTO CLEANING; 17. AUTO SLOPE [26].

До головних переваг даного зернозбирального комбайна над конкурентами відносять: збільшену близько 20% продуктивність, завдячуючи молотильній системі APS; подрібнювач соломи з функцією рівномірного розподілу; доволі місткий бункер на 11000л з високою швидкістю вивантаження та багато інших сучасних рішень для надійної і якісної роботи.

Виходячи із завдань які поставлені в кваліфікаційній роботі, проведемо моніторинг стосовно питань надійності роботи складових систем та механізмів зернозбирального комбайна. Розпочнемо з жатки, до складальних одиниць належать як певні механізми так різні приводи рис. 3.2. Наприклад, від роботи різального апарата залежить якість зрізання стеблостою, необхідно здійснювати постійний контроль за цілісністю конструкційних елементів. У польових умовах, досить часто доводиться замінювати сегменти, внаслідок їхнього виходу з ладу через раптові відмови. Значну увагу приділяли контролю надійної роботи мотовила, особливо механізмів приводу, а це і ланцюгові, а також пасові передачі. Під спостереженням були шнек, а також похила камера та їхні привідні механізми.

Звичайно, кожен з конструкційних елементів жатки, має свій ресурс та встановлену лабораторними випробуваннями довговічність, однак через особливості умов роботи, як показує практика, доводиться здійснювати позапланові ремонтні роботи безпосередньо в полі.

Спостереження за роботою молотильної системи зернозбирального комбайна в сучасних умовах полегшується наявністю інтелектуальних рішень фірм виробників. В конструкції молотарки передбачено безліч модулів, які дозволяють в автоматичному режимі здійснювати моніторинг як технологічних так і технічних параметрів роботи, що дозволяє швидко визначити причину певного збою.



Рис. 3.2. Жатка зернозбирального комбайна для зернових сільськогосподарських культур.

В загальному, конструкції молотильних систем досить різноманітні, в даному випадку маємо, рис. 3.3.

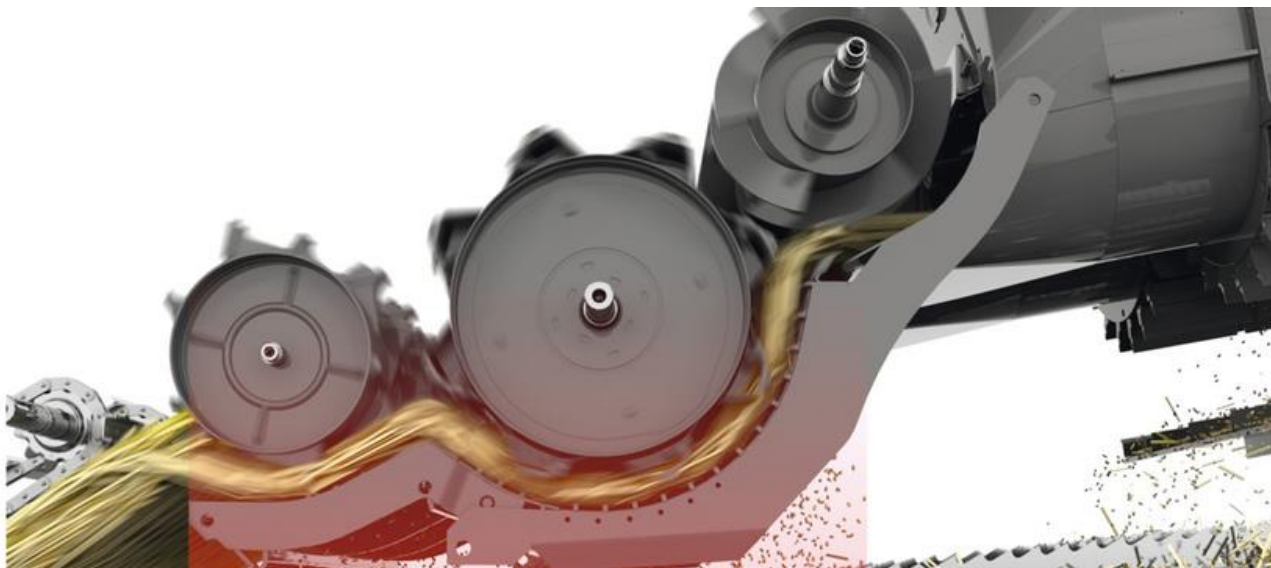


Рис. 3.3. Інноваційна система обмолоту APS зернозбиральних комбайнів фірми CLAAS [26].

В польових умовах, стосовно молотильних систем, здійснюється постійний контроль за технологічними параметрами роботи всіх систем та механізмів, а також при виникненні технічних несправностей повідомляється сервісна служба, для виконання певних робіт.

Надійна робота системи сепарації та очищення зернозбирального комбайна, це можливість отримання чистого зерна та уникнення втрат врожаю.

Система MULTIFINGER SEPARATION SYSTEM (MSS) забезпечує ефективну сепарацію зерна. Вирішальне значення для високої ефективності сепарації, має встановлений над соломотрясами барабан з керованими пальцями, що дозволяє інтенсивне розпушування соломи рис. 3.4.

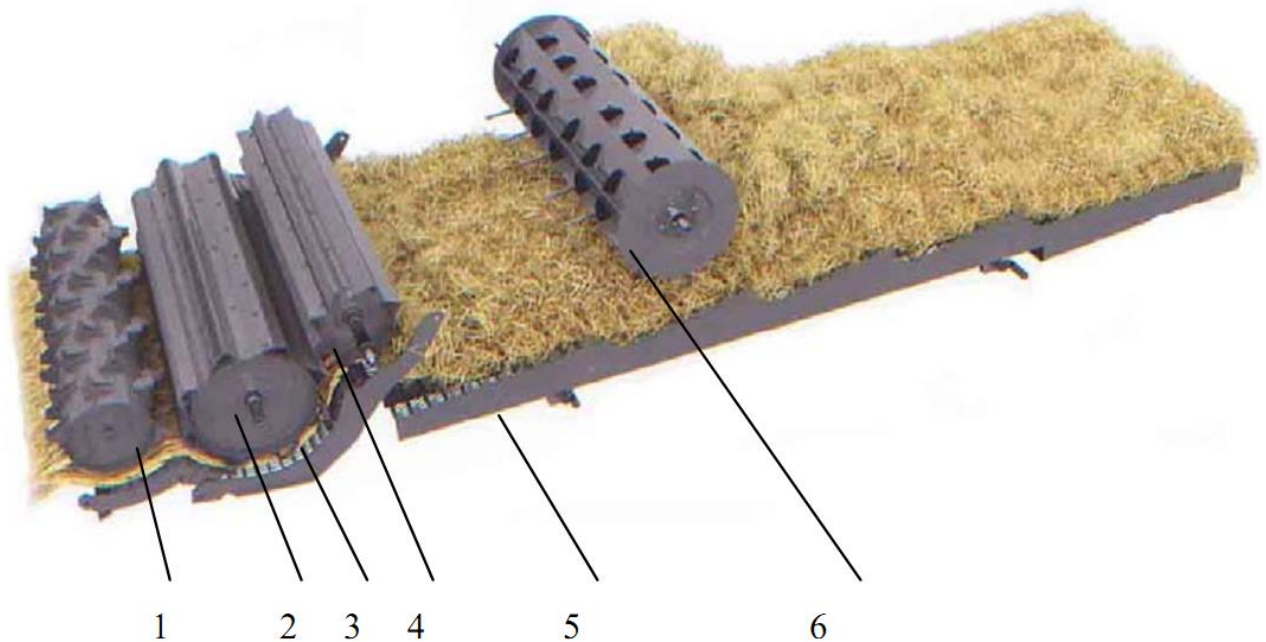


Рис. 3.4. Система сепарації комбайна CLAAS [26].

1 – барабан прискорювальний, 2 – барабан молотильний (основний), 3 – дека молотильно-сепарувальна, 4 – бітер поворотний, 5 – потужний клавішний соломотряс, 6 – барабан-«гальмувач».

Від надійної роботи кожного з перерахованих елементів конструкції системи сепарації, залежить робота всього зернозбирального комбайна.

Проводився моніторинг і інших не менш важливих систем зернозбирального комбайна, системи подрібнення соломи (рис. 3.5), зернового бункера (рис. 3.6), якості роботи зернового, колосового шнеків і вентилятора очистки (рис. 3.7) та інших механізмів і систем.



Рис. 3.5. Система подрібнення соломи [26].

Від надійної та справної роботи системи подрібнення соломи, залежить на скільки рівномірно вона буде розподілена по поверхні, особливо це важливо при послідуєчому використанні соломи в якості добрива.



Рис. 3.6. Зерновий бункер та система вивантаження зерна [26].

Зважаючи на велику місткість бункера, важливим є надійна та швидка робота системи вивантаження зерна, щоб уникнути зайвих простоїв.

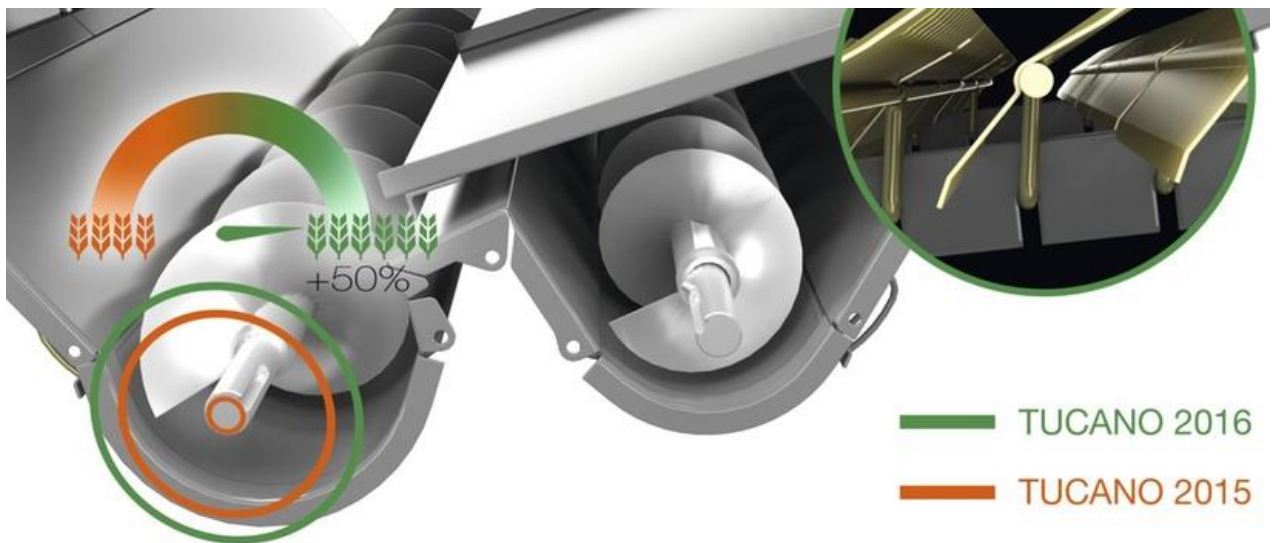


Рис. 3.7. Зерновий та колосовий шнеки, а також вентилятор очистки [26].

В сучасних зернозбиральних комбайнах CLAAS застосовано електронну систему SEBIS, призначення якої полягає в інформуванні, реєстрації, управлінні та звичайно контролі найважливіших показників технологічного процесу і технічного стану основних систем та механізмів рис. 3.8.



Рис. 3.8. Електронна система SEBIS [26].

Здійснення контролю, просте і зрозуміле вся інформація виводиться на екран та супроводжується звуковим сигналом з відповідним відображенням символів. Автоматичні системи дозволяють, наприклад автоматично керувати роботою жатки, фіксувати дані про роботу комбайна, здійснювати аналіз врожайності та втрат та багато інших параметрів.

З точки зору досліджень по кваліфікаційній роботі, для нас має цінність, здатність автоматичної системи до формування даних бортової діагностики, швидкого визначення причин збою оптимальних технологічних режимів роботи. При цьому є можливість передачі даних технічного обслуговування, представникам фірми-виробника зернозбирального комбайна.

Надзвичайно великий інтерес, викликала конструкція та принцип роботи централізованої системи змащування рис. 3.9. Достатньо задати потрібні точки та періодичність, як система сама автоматично забезпечить необхідну кількість змащувачів.



Рис. 3.9. Система централізованого змащування [26].

Для надійної роботи зернозбирального комбайна, якісне та своєчасне змащування всіх необхідних точок, це збільшення терміну роботи деталей тертя і попередження раптових відмов.

Від надійної роботи окремих систем і механізмів, залежить весь цикл зернозбирального комбайна, тобто як результат, виконання збиральних робіт згідно агротехнічних термінів.

ВИСНОВКИ

Проаналізовано сучасний стан забезпечення надійності зернозбиральних комбайнів, маємо для виконання ремонтних та обслуговуючих робіт, необхідно забезпечити запасні частини, для підтримання роботоздатності необхідно вдосконалити систему технічного обслуговування і ремонту з урахуванням технічного рівня комбайнів, а також умов їх застосування в польових умовах.

Низька надійність зернозбиральних комбайнів, досить часто проявляється при їх експлуатації понад нормованого терміну використання. В загальному на надійність комбайна має вплив жатка – до 18% відмов, ланцюгові та пасові передачі – близько 16...19%, молотильна система в межах 24%, а також інші системи і механізми.

Наявність в конструкції сучасних зернозбиральних комбайнів, високоінтелектуальних систем автоматичного контролю, вимагає високої кваліфікації операторів, а також спеціалістів сервісних служб.

Зернозбиральні комбайни, постійно вдосконалюються та модернізуються через зростання вимог до них, застосування новітніх технологічних рішень контролю за процесом збирання та роботи основних систем і механізмів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Адамчук В.В. Сучасні тенденції розвитку сільськогосподарської техніки / В.В. Адамчук, Г.Л. Баранов, О.С. Барановський. – К.: Аграрна наука, 2004. – 396с.
2. Аніскевич Л.В. До проблем ефективності використання сучасних зернозбиральних комбайнів / Л.В. Аніскевич, В.Д. Войтюк, А.А. Демко, О.В. Надточій, О.А. Демко // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК. – 2010. – Вип. 144. – Ч. 4. – С. 73-81.
3. Бойко А.І. Дослідження функції готовності механічних систем при накопичуванні пошкоджень / 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.
4. Войтюк Д.Г. Моніторинг комбайнового ринку України / Д.Г. Войтюк, О.В. Надточій, В.Д. Войтюк, А.А. Демко, О.А. Демко // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК. – 2010. – Вип. 144. – Ч. 2. – С. 81-91.
5. Грицишин М. Технології збирання зернових і конструкції сучасних зернозбиральних комбайнів / М. Грицишин // Пропозиція. – 2003. – №6. – С. 13-17.
6. Денисенко М., Рубльов В. Про вплив строку служби швидкозношуваних деталей на показники надійності і довговічності машин // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: зб. наук. пр. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. – Дослідницьке, 2012. – Вип. 16 (30).
7. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення. – К.: Держстандарт України, 1994. – С. 36.
8. Дубровін В.О. Вплив механічних втрат зерна за молотильно-сепаруючим пристроєм комбайнів на їх продуктивність / В.О. Дубровін, О.А. Демко,

А.А. Демко, О.В. Надточій, Р.Я. Якимів // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК. – 2014. – Вип. 196. – Ч. 2. – С. 80-86.

9. Дубровін В.О. Метод визначення технічного рівня сучасних зернозбиральних комбайнів з урахуванням експлуатаційних і конструктивних характеристик / В.О. Дубровін, А.А. Демко, О.В. Надточій, О.А. Демко // Техніка і технології АПК. – 2011. – № 11 (26). – С. 32-36.

10. Дубровін В.О. Техніко-економічна оцінка рівня сучасних зернозбиральних комбайнів / В.О. Дубровін, А.А. Демко, О.В. Надточій, О.А. Демко // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – 2012. – Вип. 170. – Ч. 1. – С. 51-60.

11. Дубровін В.О. Техніко-економічне обґрунтування прогнозованої роботоздатності зернозбиральних комбайнів із врахуванням терміну експлуатації / В.О. Дубровін, О.А. Демко // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК. – 2010. – Вип. 144. – Ч. 4. – С. 29-39.

12. Думенко К.М. Зернозбиральна техніка: проблеми, альтернативи, прогноз / К.М. Думенко, А.І. Бойко // Техніка і технології АПК. – 2011. - №16. – С.11–14.

13. Кравчук В., Смолінський С., Занько М., Гайдай Т., Олійник О. Тенденції розвитку зернозбиральних комбайнів /В. Кравчук, С. Смолінський, М. Занько, Т. Гайдай, О. Олійник // Зб. наук. праць УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Дослідницьке 2020. Випуск 26 (40). – С. 14-29. [http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2020-1-26\(40\)-1](http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2020-1-26(40)-1).

14. Кравчук В.І. Аналіз молотильних систем зернозбиральних комбайнів / В.І. Кравчук, С.В. Смолінський. – К.: ЦП «КОМПРИНТ», 2019. – 149с.

15. Марченко В.В. Механізація технологічних процесів у рослинництві: Навчальний посібник. – Київ.: Кондор. – 2007. – 334с.

16. Машины для збирання зернових та технічних культур: Посібник (колектив авторів за ред. В.І. Кравчука). Дослідницьке. УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого. 2009. 296с.
17. Методичні вказівки щодо виконання та захисту випускних кваліфікаційних робіт для здобувачів вищої освіти зі спеціальності 208 «Агроінженерія». – Житомир: ЖНАЕУ, 2020. – 46с.
18. Особливості обмолоту та сепарації зерна в багатобарабанному молотильно-сепарувальному пристрої / В.О. Шейченко, В.І. Недовесов, М.М. Анеляк, А.Я. Кузьміч, О.М. Грицака, І.О. Дудніков. Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодерж. наук. зб. / ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2018. Вип. №7 (106). – С. 63-72.
19. Погорілий Л.В. Випробування с.-г. техніки – дійовий фактор науково-технічного прогресу в АПК // Техніка АПК. – 2003. – №6 – С.4–7.
20. Погорілий Л.В. Зернозбиральна техніка: проблеми, альтернативи, прогноз / Л.В. Погорілий, С.М. Коваль // Техніка АПК. – 2003. №7. – С. 4-7.
21. Положення про кваліфікаційні роботи у ЖНАЕУ. – Житомир: ЖНАЕУ, 2019.
22. Сисолін П.В. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Кн. 2: Машины для рільництва / П.В. Сисолін, Т.І. Рибак, В.М. Сало; за ред. М.І. Черновола. – К.: Урожай, 2002. – С. 364.
23. Сільськогосподарські машини: підручник / Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. К.: «Агроосвіта», 2015. – 679с.
- Техніка та енергетика АПК. – 2010. – Вип. 144. – Ч. 5. – С. 197-207.
24. Черновол М.І. Надійність сільськогосподарської техніки: підруч. / М.І. Черновол, В.Ю. Чекун, В.В. Аулін та ін. – Кіровоград: КОД, 2010. –320с.
25. Шейченко В.О., Анеляк М.М., Кузьміч А.Я., Грицака О.М. Теоретичні дослідження процесу обмолоту і сепарації маси багато барабанною молотаркою. Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодерж. наук. зб. / ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2017. Вип. №6 (105). – С. 74-80.
26. Надійна сільськогосподарська техніка від АГОТЕХСОЮЗ.
<https://ats.in.ua/products/claas-lexion-670-650/72>.