



Всеукраїнський науково-технічний журнал

All-Ukrainian Scientific & Technical Journal

ISSN 2520-6168 (Print)

DOI: 10.37128/2520-6168-2023-1

Machinery
Energetics
Transport
of Agribusiness



ТЕХНІКА
ЕНЕРГЕТИКА
ТРАНСПОРТ АПК



Всеукраїнський науково-технічний журнал

**ТЕХНІКА,
ЕНЕРГЕТИКА,
ТРАНСПОРТ АПК**

№ 1 (120) / 2023

м. Вінниця - 2023

**ТЕХНІКА,
ЕНЕРГЕТИКА,
ТРАНСПОРТ АПК**

Журнал науково-виробничого та навчального спрямування
Видавець: Вінницький національний аграрний університет

Заснований у 1997 році під назвою «Вісник Вінницького державного сільськогосподарського інституту».
Правонаступник видання: Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки.
Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової інформації
КВ № 16644–5116 ПР від 30.04.2010 р.

Всеукраїнський науково – технічний журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» / Редколегія: Токарчук О.А. (головний редактор) та інші. Вінниця, 2023. № 1 (120). С. 158.

Друкується за рішенням Вченої ради Вінницького національного аграрного університету (протокол № 9 від 01.05.2023 р.)

Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової інформації №21906-11806 Р від 12.03.2016р.

Журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» включено до переліку наукових фахових видань України з технічних наук (Категорія «Б», Наказ Міністерства освіти і науки України від 02.07.2020 року №886);

- присвоєно ідентифікатор цифрового об'єкта (Digital Object Identifier – DOI);

- індексується в CrossRef, Google Scholar;

- індексується в міжнародній наукометричній базі [Index Copernicus Value](#) з 2018 року.

Головний редактор

Токарчук О.А. – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Заступник головного редактора

Веселовська Н.Р. – д.т.н., професор, Вінницький національний аграрний університет

Відповідальний секретар

Полєвода Ю.А. – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Члени редакційної колегії

Булгаков В.М. – д.т.н., професор, академік НААН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України

Купчук І.М. – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Граняк В.Ф. – к.т.н., доцент, Вінницький національний технічний університет

Спірін А.В. – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Іванчук Я.В. – к.т.н., доцент, Вінницький національний технічний університет

Твердохліб І.В. – д.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Іскович – Лотоцький Р.Д. – д.т.н., професор, Вінницький національний технічний університет

Цуркан О.В. – д.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Яронуд В.М. – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Зарубіжні члени редакційної колегії

Йордан Максимов – д.т.н., професор Технічного університету Габрово (Болгарія)

Відповідальний секретар редакції **Полєвода Ю.А.** – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет
Адреса редакції: 21008, Вінниця, вул. Сонячна 3, Вінницький національний аграрний університет, тел. (0432) 46–00–03

Сайт журналу: <http://tetapk.vsau.org/>

Електронна адреса: pophv@ukr.net



ЗМІСТ

I. АГРОІНЖЕНЕРІЯ

<i>Алієв Е.Б., Бабин І.А., Сокол С.П.</i> ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ АЕРОДИНАМІЧНОЇ СЕПАРАЦІЇ ДРІБНОЗЕРНИСТОГО СИПКОГО МАТЕРІАЛУ.....	5
<i>Борисюк Д.В., Твердохліб І.В., Купчук І.М., Полєвода Ю.А.</i> МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДІАГНОСТУВАННЯ ПІДШИПНИКОВОГО ВУЗЛА МАТОЧИНИ КЕРОВАНИХ МОСТІВ КОЛІСНИХ ТРАКТОРІВ ТЯГОВОГО КЛАСУ 1,4...	14
<i>Дуганець В.І., Грушецький С.М., Токарчук О.А., Бончик В.С., Федірко П.П.</i> АНАЛІЗ ОСНОВНИХ НЕСПРАВНОСТЕЙ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ ТА ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ РОБОТОЗДАТНОСТІ НА ЗБИРАННІ ЗЕРНОВИХ, ЗЕРНОБОБОВИХ ТА ІНШИХ КУЛЬТУР.....	21
<i>Єленич А.П., Ємчик В.В.</i> ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ТРАКТОРІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ КОМПАНІЇ CASE.....	29
<i>Кондратюк Д.Г.</i> ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОЇ ШИРИНИ ЗАХВАТУ РОТАЦІЙНИХ ГРАБЛІВ З КЕРОВАНИМИ ГРАБЛИНАМИ.....	40
<i>Кюрчев В.М., Веселовська Н.Р., Бурлака С.А.</i> ПІДВИЩЕННЯ ТЯГОВО-ЗЧІПНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЗАСОБУ ПРИ ПРОВЕДЕННІ КОМБІНОВАНИХ ОПЕРАЦІЙ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ.....	48
<i>Рябошанка В.Б., Нагорняк І.О.</i> ПІДБІР МОДЕЛІ ТУРБОКОМПРЕСОРА ДЛЯ ПЕРЕОБЛАДНАННЯ ДИЗЕЛІВ З ВІЛЬНИМ ВПУСКОМ НА ДИЗЕЛІ З ТУРБОНАДДУВАННЯМ.....	54
II. ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА. МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО. ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ	
<i>Іскович-Лотоцький Р.Д., Шевченко В.В., Веселовська Н.Р., Залізняк Р.О.</i> ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ЗАНУРЕННЯ ПАЛЬ В САДКАХ ТА ВИНОГРАДНИКАХ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ ГІДРОСТРУМЕНЕВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ.....	64
<i>Матвійчук В.А., Михалевич В.М., Штуць А.А.</i> АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ МАТЕРІАЛУ ЗАГОТОВОК ПРИ ВИСАДЖУВАННІ РЕСУРСОЩАДНИМ МЕТОДОМ ШТАМПУВАННЯ ОБКОЧУВАННЯМ.....	76
<i>Пазюк В.М.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАСІННЯ РІПАКУ ЯК ОБЄКТУ СУШІННЯ.....	86
<i>Полєвода Ю.А., Кравець С.М.</i> СУЧАСНІ ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ В ХАРЧОВІЙ ГАЛУЗІ.....	94
<i>Руткевич В.С., Шаргородський С.А.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ГАЛЬМУВАННЯ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА ЗА ДОПОМОГОЮ ОБ'ЄМНОЇ ГІДРОТРАНСМІСІЇ ГСТ-90.....	102
<i>Телятник І.А.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕРХНЕВОЇ ПЛАСТИЧНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ ПРИ ГІДРОІМПУЛЬСНОМУ ВПЛИВІ.....	110
<i>Яропуд В.М., Лавренюк П.П.</i> ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ КОНВЕКТИВНОЇ СУШАРКИ ВОЛОСЬКИХ ГОРІХІВ.....	120
III. ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА	
<i>Граняк В.Ф., Дудник В.О.</i> МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЗАЛЕЖНОСТІ ПУСКОВОГО МОМЕНТУ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА ВІД ПОЧАТКОВОГО КУТОВОГО ПОЛОЖЕННЯ РОТОРА.....	132



CONTENTS

I. AGROENGINEERING

<i>Elchyn Aliiev, Ihor Babyn, Serhiy Sokol</i> NUMERICAL SIMULATION OF THE PROCESS OF AERODYNAMIC SEPARATION OF FINE-GRAINED BULK MATERIAL	5
<i>Dmytro Borysiuk, Igor Tverdokhlib, Ihor Kupchuk, Yurii Polievoda</i> MATHEMATICAL MODEL OF DIAGNOSTIC BEARING ASSEMBLY OF HUB OF STEERING AXLES OF WHEEL TRACTORS OF DRIVING CLASS 1,4.....	14
<i>Vasyl Duganets, Sergii Hrushetskyi, Oleksii Tokarchuk, Vitalii Bonchyk, Pavlo Fedirko</i> ANALYSIS OF THE MAIN MALFUNCTIONS OF GRAIN HARVESTERS AND WAYS TO INCREASE THEIR EFFICIENCY IN HARVESTING GRAIN, LEGUMINOUS AND OTHER CROPS.....	21
<i>Viktor Yemchuk, Anatoliy Yelenych</i> DESIGN FEATURES OF CASE AGRICULTURAL TRACTORS.....	29
<i>Dmytro Kondratuk</i> CHOOSING A REASONABLE GRIP WIDTH OF ROTARY RAKES WITH CONTROLLED RAKES.....	40
<i>Volodymyr Kyurchev, Nataliya Veselovska, Serhii Burlaka</i> INCREASING THE TRACTION AND TRACTION CHARACTERISTICS OF THE ENERGY VEHICLE WHEN CARRYING OUT COMBINED SOIL PROCESSING OPERATIONS.....	48
<i>Vadim Ryaboshapka, Ivan Nahorniak</i> CHOOSING A TURBOCOMPRESSOR MODEL FOR CONVERTING FREE INLET DIESELS TO TURBOCHARGED DIESELS.....	54

II. APPLIED MECHANICS. MATERIALS SCIENCE. INDUSTRY MACHINERY BUILDING

<i>Rostyslav Iskovich-Lototskyy, Vasyl Shevchnko, Nataliia Veselovska, Roman Zalizniak</i> INCREASING THE PRODUCTIVITY OF PILE DIVING IN ORCHARDS AND VINEYARDS BY USING HYDROJET TECHNOLOGY.....	64
<i>Viktor Matviychuk, Volodymyr Mikhalevich, Andrii Shtuts</i> ANALYSIS OF THE STATE OF STRESS AND DEFORMATION OF THE MATERIAL OF THE BILLET WHEN PLANTING BY THE RESOURCE-SAVING METHOD OF STAMPING BY ROLLING.....	76
<i>Vadym Paziuk</i> STUDY OF THE PROPERTIES OF RAPESEED AS A DRYING OBJECT.....	86
<i>Yuriy Polyevoda, Svetlana Kravets</i> MODERN INNOVATIVE CLEANING TECHNOLOGIES IN THE FOOD INDUSTRY.....	94
<i>Volodymyr Rutkevych, Serhiy Shargorodskiy</i> STUDY OF THE BRAKING PROCESS OF A GRAIN HARVESTER USING VOLUME HYDROTRANSMISSION GST-90.....	102
<i>Inna Telyatnik</i> RESEARCH OF SURFACE PLASTIC DEFORMATION UNDER HYDRO-IMPULSE INFLUENCE.....	110
<i>Vitalii Yaropud, Petro Lavreniuk</i> WAYS OF IMPROVING THE DESIGN OF THE WALNUT CONVECTIVE DRYER.....	120

III. ELECTRICAL ENERGY, ELECTRICAL ENGINEERING AND ELECTROMECHANICS

<i>Valerii Hraniak, Volodymyr Dudnyk</i> MATHEMATICAL MODEL OF THE DEPENDENCE OF THE STARTING TORQUE OF AN ASYNCHRONOUS ELECTRICAL MOTOR ON THE INITIAL ANGULAR POSITION OF THE ROTOR.....	132
--	------------



УДК 631.354.2

DOI: 10.37128/2520-6168-2023-1-3

АНАЛІЗ ОСНОВНИХ НЕСПРАВНОСТЕЙ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ ТА ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ РОБОТОЗДАТНОСТІ НА ЗБИРАННІ ЗЕРНОВИХ, ЗЕРНОБОБОВИХ ТА ІНШИХ КУЛЬТУР

Дуганець Василь Іванович, к.т.н., доцент
Грушецький Сергій Миколайович, к.т.н., доцент
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Токарчук Олексій Анатолійович, к.т.н., доцент
Вінницький національний аграрний університет
Бончик Віталій Семенович, к.т.н., доцент
Федірко Павло Петрович, к.т.н., доцент
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Vasyl Duganets, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Sergii Hrushetskyi, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Higher Educational Institution «Podillia State University»
Oleksii Tokarchuk, Ph.D., Associate Professor
Vinnytsia National Agrarian University
Vitalii Bonchyk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Pavlo Fedirko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Higher Educational Institution «Podillia State University»

В статті зазначені основні проблеми, що пов'язані із технологіями збирання зернових, зернобобових культур (пшениці, ячменю, сої, гороху) та інших культур, оскільки механізатор часто стикається із рядом технологічних та конструктивних несправностей, які не дозволяють належним чином здійснювати обмолот тих чи інших культур, спрямовуючи процес збирання врожаю на значні витрати часу, праці, а при цьому і на втрати врожаю. Зроблено аналіз основних несправностей конструкцій, які виникають під час збирання зернових, зернобобових та інших культур, як самого комбайна так і жаток до них. Особливо це акцентується під час збирання з підвищеною вологістю, що значно погіршує умови збирання культур, і тим самим збільшує імовірність частих аварійних зупинок зернозбиральних комбайнів. Розкрито конструктивні та технологічні рішення, які дозволяють збирати різні культури із мінімально можливими втратами. На основі приведеного аналізу конструкцій розглянуто можливість ефективного використання зернозбиральних комбайнів під час реалізації показників агротехнічної оцінки, тобто продуктивності, пропускної здатності молотарки, втрат зерна, а також уникнення чергових зупинок, що пов'язані із несправностями, на які слід звертати особливу увагу. За основу аналізу взято зернозбиральні комбайни CLAAS LEXION, які призначені для збирання зернових, зернобобових та інших культур, включаючи сою та ріпак. Проведений аналіз основних несправностей та шляхів підвищення роботоздатності зернозбиральних комбайнів CLAAS LEXION свідчить про те, що під час використання їх у виробничих умовах на збиранні зернових, зернобобових та інших культур, будуть отримані позитивні результати, висока якість та надійність роботи, а разом з тим підвищення урожайності завдяки уникненню аварійних зупинок.

Ключові слова: аналіз, зернозбиральний комбайн, New Holland, John Deere, CLAAS, Massey Ferguson, хлібна маса, робочі органи, системи сепарації ROTO PLUS, лист реверсивного барабана, подрібнювач соломи, жатка John Deere 630F, 635F Hidro Flex, MAXFLEX S750, LEXION, система Auto Contor, регулятор, технологічні регулювання.

Рис. 5. Літ. 8.

1. Постановка проблеми.

Виробництво продукції зернових та зернобобових культур, зокрема (пшениці, ячменю, сої, гороху), а також інших культур набувають в Україні все більшого значення. На сьогоднішній день такі культури, як пшениця, ячмінь, соя, горох, ріпак є стратегічними продовольчими культурами, основою рослинного білка та олії в світі. Для господарств це є найбільш прибуткові культури, які забезпечують



покращення побуту людей, а також підвищення економічного рівня самого господарства. Основним засобом збирання зернових і зернобобових культур є зернозбиральний комбайн, а найскладнішим технологічним процесом вирощування цих культур є їх збирання. Успішне збирання таких культур залежить не тільки від технічного рівня машин, що застосовуються, але й і від ефективності їх використання.

В реальних умовах використання виникає необхідність знижувати швидкість руху зернозбирального комбайна через те, що сумарні втрати зерна перевищують допустиме значення (2,0%). Зниження швидкості руху призводить до зменшення продуктивності зернозбирального комбайна. При цьому не забезпечується теоретична пропускна здатність комбайна і порушується основна складова принципу гармонійності конструкції – пропорційне поєднання внутрішніх параметрів робочих органів, виходячи із заданих показників за продуктивністю і якістю роботи.

Але слід зазначити, що на зменшення продуктивності зернозбирального комбайна також впливають саме ті несправності, які виникають під час технологічного процесу роботи зернозбирального комбайна (це знос робочих органів, зміна їх форми, втрата ефективності їх роботи), які значно погіршують показники роботи комбайна, що призводять до неправильного технологічного процесу, а в деяких випадках і до повної аварійної зупинки молотарки та інших робочих органів (забивання ротора, подрібнювача соломи). А це в свою чергу призводить до значних витрат часу, додаткової праці та втрат врожаю, оскільки за агротехнічними умовами на збирання врожаю надається досить короткий термін.

В аграрному секторі України використовують зернозбиральні комбайни, як вітчизняних, так і багатьох зарубіжних фірм, зокрема таких компаній як Massey Ferguson, John Deere, CLAAS, New Holland, Case та інших. Комбайни цих фірм випускаються приблизно з подібними одна до одної конструкціями жаток, молотильних апаратів та інших робочих органів.

Слід зазначити, що у науково-технічній та навчальній літературі практично відсутній аналіз основних несправностей зернозбиральних комбайнів та шляхи підвищення їх роботоздатності, зокрема під час збирання зернових, зернобобових культур (соя, горох) та інших культур (ріпак) сучасними зернозбиральними комбайнами, а також рекомендації щодо їх використання.

2. Аналіз останніх досліджень.

Значний внесок у розробку та дослідження зернозбиральної техніки, методологію досліджень зробили вчені В. Марченко, В. Сінков [1, с. 218...223], А.В. Рудь, І.О. Мошенко [2, с. 260...359], І.О. Мошенко, В.В. Іліяшик, В.І. Дуганець [3, с. 48...56], Д.Г. Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко [4, с. 260...359], В.М. Барановський, В.М. Булгаков, В.С. Гапоненко [5, с. 195...309], П.В. Сисолін, Т.І. Рибак, В.М. Сало [6, с. 83...210], В.В. Іванишин, В.В. Іліяшик, В.І. Дуганець [7, с. 80...88]. Ними розроблено та досліджено конструкції робочих органів сучасних зернозбиральних комбайнів, підготовлено підручники, навчальні посібники та практичні рекомендації з їх використання. Проте інформація про аналіз основних несправностей зернозбиральних комбайнів та шляхи підвищення їх роботоздатності під час збирання зернових, зернобобових та інших культур, зокрема пшениці, ячменю, сої, гороху і ріпаку зернозбиральними комбайнами практично відсутній.

Також аналіз науково-технічних публікацій показує, що найменше інформації висвітлено про несправності, які виникають в процесі збирання зернобобових культур і ріпаку зернозбиральними комбайнами компаній New Holland, Massey Ferguson, John Deere, CLAAS.

3. Постановка завдання.

Виконання технічних рішень, що спрямовані на підвищення продуктивності зернозбирального комбайна на основі аналізу значних несправностей зернозбиральних комбайнів компанії CLAAS LEXION під час збирання зернових, зернобобових та інших культур в господарствах з різними умовами збирання.

Дослідження проводилися шляхом технологічно-конструкційного аналізу основних несправностей зернозбиральних комбайнів компанії CLAAS LEXION за результатами роботи авторів на дослідних полях господарства Закладу вищої освіти «Подільський державний університет», Інтер Агро Комплекс (виставковий центр Київ Експо Плаза), на Дні поля у корпорації «Колос- ВС» Борщівського району Тернопільської області впродовж 2021-2022 років. Методологія та організація наукових досліджень проводилась на основі загальноприйнятих положень [8].

4. Виклад основного матеріалу



Моделювання складної технічної системи, що враховує технологічні особливості функціонування в різних умовах використання дозволяє визначити внутрішні джерела підвищення продуктивності зернозбирального комбайна (Рис. 1).



Рис. 1. Загальний вигляд комбайна CLAAS LEXION

Збирання зернових, зернобобових та інших культур, а саме пшениці, ячменю, сої, гороху та ріпаку здійснюється переважно зернозбиральними комбайнами закордонних виробників Massey Ferguson, John Deere, CLAAS, New Holland, Case та іншими. Найбільш пристосовані для збирання цих культур зернозбиральні комбайни з роторними та гібридними молотильно-сепаруючими апаратами. Останнім часом всі компанії і фірми, які виробляють зернозбиральні комбайни, обладнуються спеціальними жатками для збирання зернових культур, сої, та ріпаку – приставками з додатковими пристроями до жаток власної конструкції.

Менш гостро постає питання в тому, яка жатка і для якої культури використовується, оскільки кожна з них має свої особливості і підлаштована під ту чи іншу культуру. Хлібна маса поступає від різального апарата жатки та переміщується шнеком до транспортера похилої камери комбайна, не створює жодних проблем, тоді, коли ця маса переміщується рівномірно в одноманітних порціях. Тобто, маса переміщується гармонійно, в залежності від необхідного руху комбайна та відповідного обертання мотовила жатки, яка забезпечує плавне підведення хлібної маси до різального апарата. Зрозуміло, що цей принцип залежить не лише від технологічних регулювань зернозбирального комбайна, але й від кваліфікації оператора, який ним керує.

Більш складне питання в гармонійності руху хлібної маси – це є пропорційне поєднання внутрішніх параметрів робочих органів молотарки, яка виконує найважливішу функцію в усьому технологічному процесі обмолоту.

За основу досліджень взято зернозбиральний комбайн Claas Lexion 750, оскільки він декілька сезонів працював на дослідних полях господарства Закладу вищої освіти «Подільський державний університет».



Рис. 2. Схема рівномірного руху хлібної маси через робочі органи зернозбирального комбайна

В екстремальних умовах для безперебійної роботи зернозбирального комбайна від оператора



вимагається постійна концентрація. Відповідно природно-кліматичних вимог для збирання зернових чи зернобобових культур та ріпаку оптимальної якості є лише декілька днів, тому кожна хвилина є дорогоцінною.

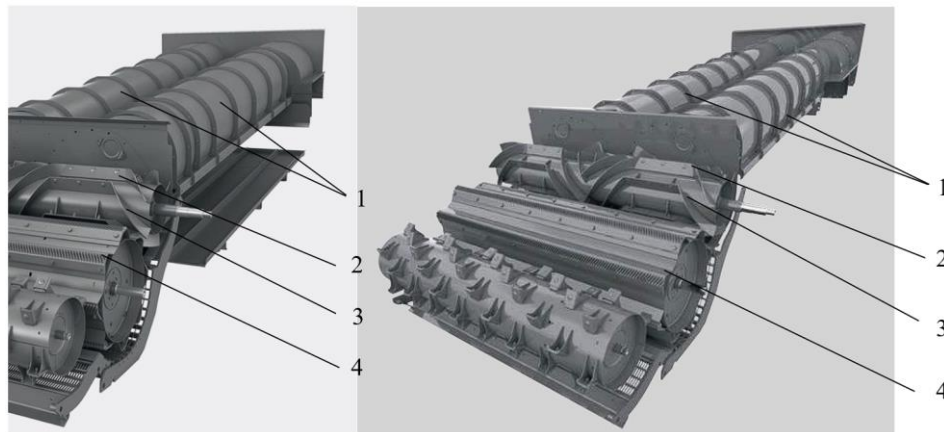
Тому для завчасного розпізнавання критичних пікових навантажень передбачений моніторинг таких вузлів комбайна, як молотарка APS, ротори системи сепарації ROTO PLUS та двигун.

Для швидкого реагування при перевищенні встановленої межі проковзування пасів приводу робочих органів автоматично виконується ряд дій, завдяки яким можна уникнути аварійних зупинок. Перш за все активується гальмо жатки, вимикається живильний апарат і приставка. У разі, якщо системи активні, то швидкість зменшується до 1,5 км/год. Таким чином виключається попадання нового матеріалу в молотарку, що дозволяє скоротити час простою внаслідок забивання або пошкодження.

Враховуючи вище сказане, слід зауважити що, гармонійна робота молотарки комбайна можлива лише тоді, коли робочі органи не спрацьовані в процесі певного періоду під час збирання зернових, зернобобових та інших культур.

Інколи оператор не може зрозуміти чому зупиняються ротори системи сепарації (забиваються), або зупиняється молотильний барабан.

Тому першочергова причина полягає у спрацюванні листа 2 реверсивного барабана 3, який спрямовує хлібну масу від основного молотильного барабана 4 до роторів системи сепарації 1 (Рис. 3).



**Рис. 3. Схема послідовності роботи робочих органів молотильного апарата:
1 – ротори системи сепарації; 2 – лист реверсивного барабана; 3 – реверсивний барабан;
4 – молотильний барабан.**

Досліджено, що саме в цьому полягає причина забивання роторів, оскільки при зношуванні листів збільшується відстань від траєкторії руху їх країв до забірної частини ротора. В результаті цього, маса, яка надходить від реверсивного барабана неспроможна добре захопитися для того, щоб переміщуватися далі вздовж ротора системи сепарації (починає обертатися навколо своєї осі, утворюючи при цьому клубок). При збільшенні розмірів клубок потрапляє великою порцією між ротором і відокремлюючою оболонкою, що і спричинює заклинювання, а саме зупинку роторів системи сепарації.

Інша умова заклинювання маси між ротором і відокремлюючою оболонкою – це невідповідність швидкості обертання барабанів та роторів, але це відбувається у разі неавтоматичного (ручного) налаштування технологічних параметрів обмолоту культур. Також забивання роторів може бути через підвищену вологість хлібної маси та надлишкового вмісту бур'яну у ній.

У випадку зношування листів реверсивного барабана необхідна обов'язкова їх заміна, оскільки багаторазові зупинки ротора спричиняють:

- 1 - часткове пошкодження паса приводу роторів, а інколи і його розрив;
- 2 - позачергове часткове перевантаження всієї системи приводу молотарки та двигуна;
- 3 - значні втрати часу, які відповідно зводяться до втрат врожаю;
- 4 - втрати людської праці, що створює дискомфортні умови для оператора при відновленні роботи зернозбирального комбайна.

Все це призводить до великих фінансових втрат.

Друга несправність, яка призводить до чергових аварійних зупинок зернозбирального комбайна – це невчасна заміна ножів 3 роторного валу 2 подрібнювача соломи. Оскільки при значному



зношуванні ножів соломиста маса, що сходить із роторів системи сепарації не повністю подрібнюється, і в результаті чого накопичується у просторі між роторним валом подрібнювача соломи і викидними вікнами роторів, цим самим створює умови непрохідності соломистої маси за межі подрібнювача соломи (Рис. 4).



Рис. 4. Загальний вигляд подрібнювача соломи:
1 – регульований поперечний ніж; 2 – роторний вал; 3 – ножі; 4 – розтиральна планка;
5 – регульоване днище; 6 – регульований протирізі

У разі непрохідності є ймовірність зупинки роторного валу подрібнювача соломи. Це також призводить до наслідків, що приведені вище, а саме часткове пошкодження паса приводу, значні втрати часу на вивільнення соломистої маси з простору між роторним валом подрібнювача соломи і викидними вікнами роторів, а також значні втрати праці та врожаю. Інколи витрати на відновлення роботоздатності після аварійних зупинок перевищують вартість заміни ножів роторного валу подрібнювача соломи. Тому необхідно вчасно замінювати, як ножі роторного валу, так і регульований поперечний ніж.

Окрім вище згаданого, слід зауважити ще один момент про те, що для кожної культури необхідно використовувати жатки спеціального призначення, оскільки невідповідність спрямовує на значні втрати врожаю.

Наприклад компанія John Deere має пріоритет у розробці спеціальних жаток з гнучкою платформою. Такі жатки знайшли широке використання на практиці для комплектування їх з зернозбиральними комбайнами інших компаній. Для підвищення універсальності і продуктивності таких жаток на збирання ріпаку, фірма Zurn (Німеччина) випускає ріпаковий стіл Raps-Profi 2 (рис. 5. а).



а



б

Рис. 5. Комплектування жаток John Deere з приставкою Raps-Profi 2 (а) і гнучкий різальний апарат жатки MAXFLEX S750 (б)

Привід різального апарата, сегменти, протиріжучі пальці повністю взаємозамінні від жаток фірми John Deere.

Оскільки такі жатки широко представлені на ринку України, виникає питання в необхідності їх використання на зернозбиральних комбайнах, зокрема компанії CLAAS та конкретних моделях Lexion, які є також найбільш поширеними на нашому ринку.

Компанія Claas випускає для своїх зернозбиральних комбайнів спеціальні жатки Flex S600, S750,



S900 для збирання сої, а також жатки VARIO V600, V750, 900 для збирання зернових культур і ріпаку. Жатки Maxflex і Flex оснащуються гнучким різальним апаратом (рис. 5, б), який автоматично адаптується до мінімальної нерівності поля. Прогинання різального апарату може складати до 180 мм. В поєднанні зі зміною кута нахилу жатки, гнучкий різальний апарат запобігає втрат за будь-яких умов роботи. Дані жатки придатні для збирання гороху, сої та інших спеціальних культур, наприклад конюшини.

Враховуючи особливості і переваги жаток John Deere серії 630F та 935F Hidro Flex, практика показала можливість їх агрегування із зернозбиральними комбайнами Claas Lexion 750.

Під час досліджень було виготовлено та замінено зірочку на веденому валу приводу шнека для жатки JD 630F з кількістю зубів - 56; а для жатки JD 935F Hidro Flex замінено на ведучому валу зірочку на 7 зубів.

Також були замінені шків приводу різального апарату на ведучому валу з діаметром 220 мм. Наладка механізму гідропроводу мотовила обмежилась додатковим встановленням і підключенням до електричної системи комбайна та електричного регулювального пристрою гідронасоса приводу мотовила, резистора та вимикача.

Для піднімання та виносу мотовила жатки додатково встановлено на жатку електрогідророзподільник жатки C750 зернозбиральних комбайнів Claas Lexion.

В нижній частині жатки приварені два кронштейни з круглими отворами для встановлення пальців, які фіксують жатку і дають їй можливість повертатись в поперечній площині. В верхній частині бруса жатки прорізано два квадратні отвори з розмірами, що відповідають розмірам захватів гідроциліндрів похилої камери поперечного коректування положення жатки. Верхні кінці захватів гідроциліндрів мають виступати над поверхнею балки жатки і фіксуватись від самовільного їх виходу. Квадратні отвори можна прорізати ближче до передньої стінки бруса. Жатка в такому випадку буде мати невеликий кут нахилу відносно похилої камери, що дозволить ще більше зменшити висоту зрізування рослин.

По краях жатки, до її днища встановлено два копії з потенціометрами, які підключені до роз'єднувальної електрогідролічної муфти. Таким чином може працювати система Auto Contor, яка дозволяє компенсувати нерівності поля вздовж і поперек руху комбайна.

Таким чином з метою зменшення втрат врожаю слід дотримуватися умов підбору спеціальних жаток, які призначені для збирання конкретних культур

5. Висновки

Аналіз основних несправностей зернозбиральних комбайнів Claas Lexion 750 на збиранні зернових, зернобобових та інших культур показав їх високий конструктивний і техніко-технологічний рівень. Аналіз робочих органів зернозбиральних комбайнів проводився за найбільш важких умов роботи під час збирання зернових, зернобобових та інших культур, зокрема сої та ріпаку. Їх технологічний процес в цілому розрахований на підвищення ефективності роботи.

Підвищення роботоздатності проводилося шляхом оцінки функціонування зернозбирального комбайна, в основному, по пропускній здатності молотарки і показниками якості. Застосування імовірних та інших досліджень для пошуку реалізації основної складової принципу гармонійності конструкції має неоптимальні параметри технологічного процесу та є громіздким і складним для реалізації.

Визначення втрат зерна є складним показником якості функціонування зернозбирального комбайна. При оперативному контролі втрат зерна застосовується відбір проб. Отримання фактичного значення втрат зерна залежить від помилок вимірювання і вимірювальних засобів.

Основними напрямками підвищення продуктивності зернозбирального комбайна є недопущення вище приведених несправностей під час обмолоту і сепарації на робочих органах; зменшення нерівномірності подачі хлібної маси на робочі органи; оптимізація технологічних регулювань робочих органів і режимів роботи. Підвищення продуктивності має бути економічно обґрунтована. Більший інтерес представляє пошук простих, але ефективних рішень, що забезпечують підвищення продуктивності зернозбирального комбайна за рахунок застосування молотильного апарату без зайвих ускладнень конструкції.

Робочі органи, що здійснюють циркуляційні процеси, повинні мати оптимальні конструктивні параметри і режими роботи, забезпечуючи реалізацію основної складової принципу гармонійності конструкції, не погіршуючи параметри протікання технологічного процесу на робочих органах молотарки.

Розглянуті несправності та враховані особливості і переваги жаток, які можуть бути використані з зернозбиральними комбайнами CLAAS 750 позитивно впливатимуть на підвищення ефективності збирання зернових, зернобобових та інших культур у виробничих умовах.

**Список використаних джерел**

1. Марченко В., Сіньков В. Агротехніка й механізація вирощування та збирання сої. *Механізація сільського господарства*. 2009. № 2 (23). С. 18–23.
2. Рудь А. В., Мошенко І. О., Павельчук Ю. Ф., Іліяшик, В. В. Михайлова Л. М. Техніко-технологічний аналіз зернозбирального комбайна New Holland. *Збірник наукових праць*. Кам'янець-Подільський : Подільський державний аграрно-технічний університет. 2015. № 23. С.13–33.
3. Іліяшик В. В., Дуганець В. І., Мошенко І. О. Аналіз конструкцій жаток FLEX та адаптація їх до роботи з зернозбиральними CLAAS на збиранні сої. *Збірник наукових праць*. Кам'янець-Подільський : Подільський державний аграрно-технічний університет. 2016. № 24. С. 48–56.
4. Войтюк Д. Г., Дубровін В. О., Іщенко Т. Д. Сільськогосподарські та меліоративні машини. Київ : Вища освіта, 2004. 544 с.
5. Войтюк Д. Г., Барановський В. М., Булгаков В. М. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку. Київ : Вища освіта, 2005. 464 с.
6. Сисолін П. В., Рибак Т.І., Сало В. М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування: підруч. для студ. вищ. навч. закл. із спец. «Машини та обладн. с.-г. вир-ва». Кн. 2. Машини для рільництва. Київ : Урожай, 2002. 364 с.
7. Іванишин В. В., Іліяшик В. В., Дуганець В. І. Аналіз конструктивних особливостей та експлуатації зернозбиральних комбайнів Claas Lexion 750, 760 Terra Trac на збиранні сільськогосподарських культур. *Збірник наукових праць*. Кам'янець-Подільський : Подільський державний аграрно-технічний університет. 2019. № 26. С. 80–88.
8. Крушельницька О. В. Методологія та організація наукових досліджень. Навчальний посібник. Київ : Кондор, 2003. 192 с.

References

1. Marchenko, V., & Sin'kov, V. (2009). Farming equipment and mechanization of cultivation and harvesting of soybeans [Ahrotekhnika j mekhanizatsiia vyroschuvannia ta zbyrannia soi]. *Mekhanizatsiia sil'skoho hospodarstva*, 2 (23), 18-23 [in Ukrainian].
2. Rud', A.V., Moshenko, I.O., Pavel'chuk, Yu.F., Iliashyk, V.V., Mykhajlova, L.M. (2015). Technical and technological analysis of the combine harvester New Holland [Tekhniko-tekhnologichnyj analiz zernozbyral'noho kombajna New Holland]. *Podil'skyi derzhavnyi ahrarno-tekhnichnyi universytet -Podillia State Agrarian and Engineering University*, 23, 13-33 [in Ukrainian].
3. Iliashyk, V.V., Duganets, V. I., Moshenko I.O. (2016). Analysis of constructions of harvesters FLEX and adapting them to work with CLAAS harvesters for harvesting soybeans [Analiz konstruktssii jatok FLEX j adaptaciya yh do robotu z zernozbyral'numu kombajnamu CLAAS na zbyrannia soi]. *Podil'skyi derzhavnyi ahrarno-tekhnichnyi universytet - Podillia State Agrarian and Engineering University*, 24, 48-56 [in Ukrainian].
4. Vojtiuk, D.H., Dubrovin, V.O., Ischenko, T.D. (2004). Agricultural and reclamation machines [Sil'skohospodars'ki ta melioratyvni mashyny]. Kyiv : Vyscha osvita [in Ukrainian].
5. Vojtiuk, D.H. Baranovs'kyj, V.M. Bulhakov, V.M. (2005). Agricultural machines. Fundamentals of theory and design [Sil'skohospodars'ki mashyny. Osnovy teorii ta rozrakhunku]. Kyiv : Vyscha osvita [in Ukrainian].
6. Chernovol, M.I. (Ed.), Sysolin, P.V., Rybak, T.I., Salo V.M. (2002). Agricultural machinery: the theoretical foundations, construction, and design [Sil'skohospodars'ki mashyny: teoretychni osnovy, konstruktssiia, proektuvannia]. Kyiv : Urozhaj [in Ukrainian].
7. Ivanyshyn V.V., Iliashyk, V.V., Duganets, V. I., (2019). Analysis of design features and operation of combine harvesters Claas Lexion 750, 760 Terra Trac for harvesting agricultural crops. [Analiz konstruktyvnykh osoblyvostei ta ekspluatatsii zernozbyralnykh kombainiv Slaas Lexion 750, 760 Terra Trac na zbyranni silskohospodarskykh kultur]. *Podil'skyi derzhavnyi ahrarno-tekhnichnyi universytet - Podillia State Agrarian and Engineering University*, 26, 80-88 [in Ukrainian].
8. Kruschelnitska, O.V. (2003). Methodology and organization of scientific research [Metodologiya ta organizatsiya naukovykh doslidgen']. Kyiv : Kondor [in Ukrainian].

ANALYSIS OF THE MAIN MALFUNCTIONS OF GRAIN HARVESTERS AND WAYS TO INCREASE THEIR EFFICIENCY IN HARVESTING GRAIN, LEGUMINOUS AND OTHER CROPS

The article indicates the main problems connected with the technology of harvesting grain and leguminous crops (wheat, barley, soybeans, peas) and other crops, as the machine operator often encounters



a number of technological and constructive malfunctions that prevent proper threshing of those or other crops, directing the harvesting process to significant expenditure of time and labor, and at the same time to crop losses. An analysis of the main malfunctions of structures that occur during the harvesting of grain, leguminous and other crops, both of the combine itself and of the headers for them, was made. This is especially emphasized during harvesting with high humidity, which significantly worsens the conditions for harvesting crops, and thereby increases the likelihood of frequent emergency stops of grain harvesters. Constructive and technological solutions have been revealed that allow harvesting various crops with minimal possible losses. Based on the given analysis of structures, the possibility of effective use of grain harvesters during the implementation of agrotechnical evaluation indicators, i.e. productivity, throughput capacity of the thresher, grain losses, as well as the avoidance of regular stoppages related to malfunctions, which should be paid special attention, is considered. CLAAS LEXION combine harvesters designed for harvesting grain, legumes and other crops, including soybean and rapeseed, are the basis of the analysis. The analysis of the main malfunctions and ways to improve the performance of CLAAS LEXION combine harvesters shows that during their use in production conditions for harvesting grain, legumes and other crops, positive results, high quality and reliability of work will be obtained, and at the same time increasing productivity due to the avoidance of emergency stops.

Key words: analysis, combine harvester, New Holland, John Deere, CLAAS, Massey Ferguson, grain mass, working bodies, ROTO PLUS separation systems, reversible drum sheet, straw chopper, John Deere 630F, 635F Hidro Flex, MAXFLEX S750, LEXION, Auto Contor system, regulator, technological regulations.

Fig. 5. Ref. 8.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Дуганець Василь Іванович – кандидат технічних наук, завідувач кафедри технічного сервісу і загальнотехнічних дисциплін Закладу вищої освіти «Подільський державний університет» (вул. Шевченка, 12, м. Кам'янець-Подільський, Хмельницька обл., 32316, e-mail: duganec.vasil@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2946-2850>).

Грушецький Сергій Миколайович – кандидат технічних наук, доцент кафедри агроінженерії і системотехніки Закладу вищої освіти «Подільського державного університету» (вул. Шевченка, 12, м. Кам'янець-Подільський, Хмельницька обл., 32316, e-mail: g.sergiy.1969@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0487-6152>).

Токарчук Олексій Анатолійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри технологічних процесів та обладнання переробних і харчових виробництв Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: tokarchuk@vsau.vin.ua, <https://orcid.org/0000-0001-8036-1743>).

Бончик Віталій Семенович – кандидат технічних наук, доцент кафедри технічного сервісу і общетехнічних дисциплін Заведення вищого образования «Подольский государственный университет» (ул. Шевченко, 12, г. Каменец-Подольский, Хмельницкая обл., 32316, e-mail: vitaliy-bonchik@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-9155-2465>).

Федірко Павло Петрович – кандидат технічних наук, доцент кафедри технічного сервісу і загальнотехнічних дисциплін Закладу вищої освіти «Подільський державний університет» (вул. Шевченка, 12, м. Кам'янець-Подільський, Хмельницька обл., 32316, e-mail: pavlo.fedirko@pdatu.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0002-3724-8937>).

Vasyl Duganets – Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of Technical Service and General Technical Subjects of Higher Educational Institution «Podillia State University» (St. Shevchenko, 12, Kamianets-Podilskyi, Khmelnytskyi region, 32316, e-mail: duganec.vasil@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-2946-2850>).

Sergii Hrushetskyi – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Agroengineering and System Engineering Podolsk State University Higher Education Institution (St. Shevchenko, 12, Kamianets-Podilskyi, Khmelnytskyi region, 32316, e-mail: g.sergiy.1969@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0487-6152>).

Oleksii Tokarchuk – Ph.D., Associate Professor of the Department of “Technological Processes and Equipment of Processing and Food Productions” of the Vinnytsia National Agrarian University (3, Solnyshchaya St., Vinnytsia, 21008, Ukraine, e-mail: tokarchuk@vsau.vin.ua, <https://orcid.org/0000-0001-8036-1743>).

Vitalii Bonchik – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Service and General Technical Subjects of Higher Educational Institution «Podillia State University» (St. Shevchenko, 12, Kamianets-Podilskyi, Khmelnytskyi region, 32316, e-mail: vitaliy-bonchik@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0001-9155-2465>).

Pavlo Fedirko – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Service and General Technical Subjects of Higher Educational Institution «Podillia State University» (St. Shevchenko, 12, Kamianets-Podilskyi, Khmelnytskyi region, 32316, e-mail: pavlo.fedirko@pdatu.edu.ua; <https://orcid.org/0000-0002-3724-8937>).