

РУТКЕВИЧ ВОЛОДИМИР

Вінницький національний аграрний університет

<https://orcid.org/0000-0002-6366-7772>e-mail: v_rut@ukr.net

ОСТАПЕНКО ОЛЕКСІЙ

Вінницький національний аграрний університет

e-mail: Ostapenko@ukr.net

ЗАЛОГІН РУСЛАН

Вінницький національний аграрний університет

e-mail: zalogin@agroalliance.dp.ua

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ НАВАНТАЖУВАЧА З ГІДРАВЛІЧНИМ ПРИВОДОМ ВИРІЗНОГО МЕХАНІЗМУ ДЛЯ ВИВАНТАЖЕННЯ СИЛОСУ ІЗ ТРАНШЕЙНИХ СХОВИЩ

Розглядається питання підвищення ефективності технічних засобів під час вивантаження стеблового корму – силосу з траншейних сховищ. Зазначено важливість дотримання агрозоотехнічних вимог при відокремленні блок-порції від кормового моноліту, що призведе до підвищення якості та поживної цінності стеблового корму для тварин. Розглянуто переваги та недоліки існуючих технічних засобів на технологічній операції вивантаження стеблового корму з траншейних сховищ.

Відмічені сучасні тенденції розвитку технологічного обладнання для тваринництва та встановлено, що підвищення енергетичних і технологічних показників можливе шляхом гідрофікації приводів робочих органів обладнання, в тому числі і вирізних механізмів для вивантаження силосу із траншейних сховищ.

Зазначено, що робота гідравлічного привода більшості робочих органів супроводжується ударними навантаженнями та коливальними процесами, пов'язаними як із виникненням значних коливань тиску та витрати робочої рідини, так і наслідком технічної недосконалості схемно-конструкторського рішення гідравлічного привода. Коливальні процеси негативно впливають на ресурс гідравлічного привода, знижують коефіцієнт використання установленної потужності привода та продуктивність, зменшують надійність, збільшують енергоємність привода та машини в цілому.

Запропоновано принципово нову конструктивно-технологічну схему вирізного механізму для вивантаження силосу із траншейних сховищ з гідравлічним приводом робочих органів. Розроблено структуру гідравлічного привода вирізного механізму, адаптовану до зміни технологічного навантаження на робочих органах, що дозволить узгодити режими роботи вирізного механізму та відповідати сучасним, інноваційним підходам до створення ресурсоощадного та енергоефективного обладнання для тваринництва.

Ключові слова: траншейне сховище, силос, робочий орган, гідравлічний привод, енергоефективність, ресурсоощадність, продуктивність, гідродвигуни, роздільник потоку, навантажувач.

RUTKEVYCH VOLODYMYR, OSTAPENKO ALEXEI, ZALOGIN RUSLAN

Vinnitsia National Agrarian University

INCREASING THE EFFICIENCY OF THE LOADER WITH A HYDRAULIC DRIVE OF THE CUTTING MECHANISM FOR UNLOADING SILAGE FROM TRENCH STORAGE

The question of improving the efficiency of technical means for unloading stalk fodder - silage from trench storages is under consideration. The importance of complying with agro-zootechnical requirements when separating the block portion from the fodder monolith is indicated, which will lead to an increase in quality and nutritional value of stem fodder for animals. The advantages and disadvantages of existing technical means for the technological operations of unloading stem fodder from trench storages are considered.

Modern trends in the development of technological equipment for animal husbandry were noted, and it was established that an increase in energy and technological indicators is possible by hydrofication of the drives of the working bodies of the equipment, including cutting mechanisms for unloading silage from trenches storage

It is noted that the operation of the hydraulic drive of most working bodies is accompanied by shock loads and oscillating processes associated with both the occurrence of significant pressure fluctuations and the flow of the working fluid, as well as the consequence of the technical imperfection of the schematic design solution of the hydraulic drive. Oscillating processes have a negative effect on the resource of the hydraulic drive, reduce the utilization ratio of the set power of the drive and productivity, reduce reliability, and increase the energy consumption of the drive and the machine as a whole.

A fundamentally new structural and technological scheme is proposed cutting mechanism for unloading silage from trench storages with hydraulic drive of working bodies. The developed structure of the hydraulic drive of the cutting mechanism is adapted to changes in the technological load on the working bodies, which allows to coordinate the modes of operation of the cutting mechanism and to correspond to modern, innovative approaches to creating resource-saving and energy-efficient equipment for animal husbandry.

Key words: trench storage, silo, working body, hydraulic drive, energy efficiency, resource saving, productivity, hydraulic motors, flow separator, loader.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Фронтальні навантажувачі широко використовуються в різних галузях народного господарства, вони мають високу мобільність, широкий спектр технологічних операцій за рахунок змінного робочого обладнання, зручні при виконанні невеликих обсягів робіт на непідготовлених вантажних майданчиках,

максимально гідрофіковані. І водночас фронтальні навантажувачі мають велику кількість технологічних операцій з різними видами вантажів, що визначає підвищену динамічну вантажопідйомність цього обладнання, яка залежить як від техніко-експлуатаційних параметрів, так і від динамічних характеристик конструкції [1].

Підвищення швидкостей робіт, розширення діапазону технологічних операцій вимагають нових підходів у процесі проектування та виготовлення колісних навантажувачів та їх робочих органів. Основним напрямом оптимального проектування є врахування знакозмінного навантаження, що діє на робочі органи та його привод в результаті виконання технологічної операції вивантаження блок-порції силосу від кормового моноліту.

Однією з умов виготовлення сучасної, високотехнологічної, надійної вітчизняної техніки, яка стане реальною альтернативою надмірно високоартісної імпортової техніки є впровадження передових науково-технічних досягнень у виробничий процес виготовлення даного обладнання та достовірна оцінка навантажувальних режимів, що діють на робочі органи в процесі виконання різноманітних технологічних процесів.

У проектно-конструкторських організаціях застосовують традиційні методи розрахунку, які не враховують реальних навантажень в умовах експлуатації, не дозволяють отримати надійне та високоєфективне гідрофіковане обладнання для сільськогосподарських підприємств [2, 3].

У зв'язку з цим стало актуальним завдання розробки нової конструктивно-технологічної схеми вирізного механізму для вивантаження стеблових кормів із траншейних сховищ з енергозберігаючим та ресурсоощадним гідравлічним приводом робочих органів.

Аналіз досліджень та публікацій

Сучасна енергонасичена та високопродуктивна техніка вітчизняного та зарубіжного виробництва обладнана гідравлічними, електричними, пневматичними, електрогідравлічними системами автоматичного чи механічного керування. Дані системи застосовують для зміни вертикального або горизонтального положення та режиму роботи окремих робочих органів і агрегатів, включення приводу, полегшення маневрування в процесі експлуатації та підвищення ефективності використання техніки у різних технологічних операціях [4].

Аналіз конструкцій сучасної техніки вітчизняного та зарубіжного виробництва показав, що однією з найбільш відповідальних систем, що впливають на надійність та експлуатаційні показники техніки є гідравлічна система [4-8]. Гідравлічні системи використовуються для керування та передачі енергії різним вузлам та агрегатам. Відмова гідросистеми у процесі експлуатації призводить до втрати працездатності всієї техніки в цілому, внаслідок чого виникають витрати на проведення ремонтних робіт і збитки через її простої [3, 4, 7].

В даний час сучасна вітчизняна та зарубіжна сільськогосподарська (зерно- та кормозбиральні комбайни, фронтальні навантажувачі, трактори, самохідні кормозмішувачі та інше) техніка включає у своє використання конструктивне виконання різних гідросистем [4]. На рис. 1 представлено використання гідросистем у техніці вітчизняного та зарубіжного виробництва.

Аналізуючи рис. 1. можна дійти висновку, що гідросистеми використовують усі найбільш відомі виробники техніки вітчизняного та зарубіжного виробництва: КЗС-9-1 «Славутич» (Україна), John Deere (США), Claas (Німеччина), Trioliet (Нідерланди), J. C. Bamford Excavators Ltd (Великобританія), Horsch (Німеччина) та інші.

Гідросистема машини найчастіше складається з великої кількості елементів, але для опису динаміки машини є важливим створення моделі гідросистеми як єдиного цілого [6, 9]. У гідравлічних механізмах машин динамічні процеси виникають або в результаті зміни технологічного режиму, коли навантаження, що діють на робочий орган гідравлічного механізму змінюються за певним законом, або внаслідок впливу на гідравлічну систему апаратури керування, тобто розподільників, різного виду клапанів. Характер протікання динамічних процесів залежить, насамперед, від параметрів системи, тобто від величини та розподілу мас окремих елементів системи, пружності рідини, гідравлічних ліній та твердих ланок, дисипативних опорів елементів системи, а також зовнішніх і внутрішніх опорів.

Можна говорити, що нині вже сформувався теорія вивчення гідропроводу. Їй присвячені роботи В.М. Прокоф'єва, Т.М. Башти, М.С. Гамініна, Є.М. Хаймовича, В.П. Бочарова, І.А. Немировського, Г.Й. Зайончковського, Р.Д. Іскович-Лотоцького, Б.Л. Коробочкина, М.І. Іванова, Л.П. Середи, З.Я. Лур'є, З.Л. Фінкельштейна, О.М. Яхна, В.Б. Струтинського та інших [4, 9, 10]. В їх роботах розглянуті фундаментальні основи побудови гідравлічних пристроїв, які базуються на їх повних математичних моделях та дозволяють отримати гідроагрегати із заданими статичними і динамічними характеристиками.

Пріоритетними напрямками розвитку України передбачено перехід до передових цифрових, інтелектуальних виробничих технологій, роботизованих та адаптивних систем керування. Особливо слід зазначити, що у мобільних технологічних машинах використання адаптивних систем утруднено, так як експлуатація їх при стохастично змінних значеннях параметрів опору впливу приводу робочого органу та у складних умовах навколишнього середовища є не надійною [11-13]. При цьому, керування режимами технологічного впливу на об'єкти, що обробляються, як правило, ручне або жорстко запрограмовано.

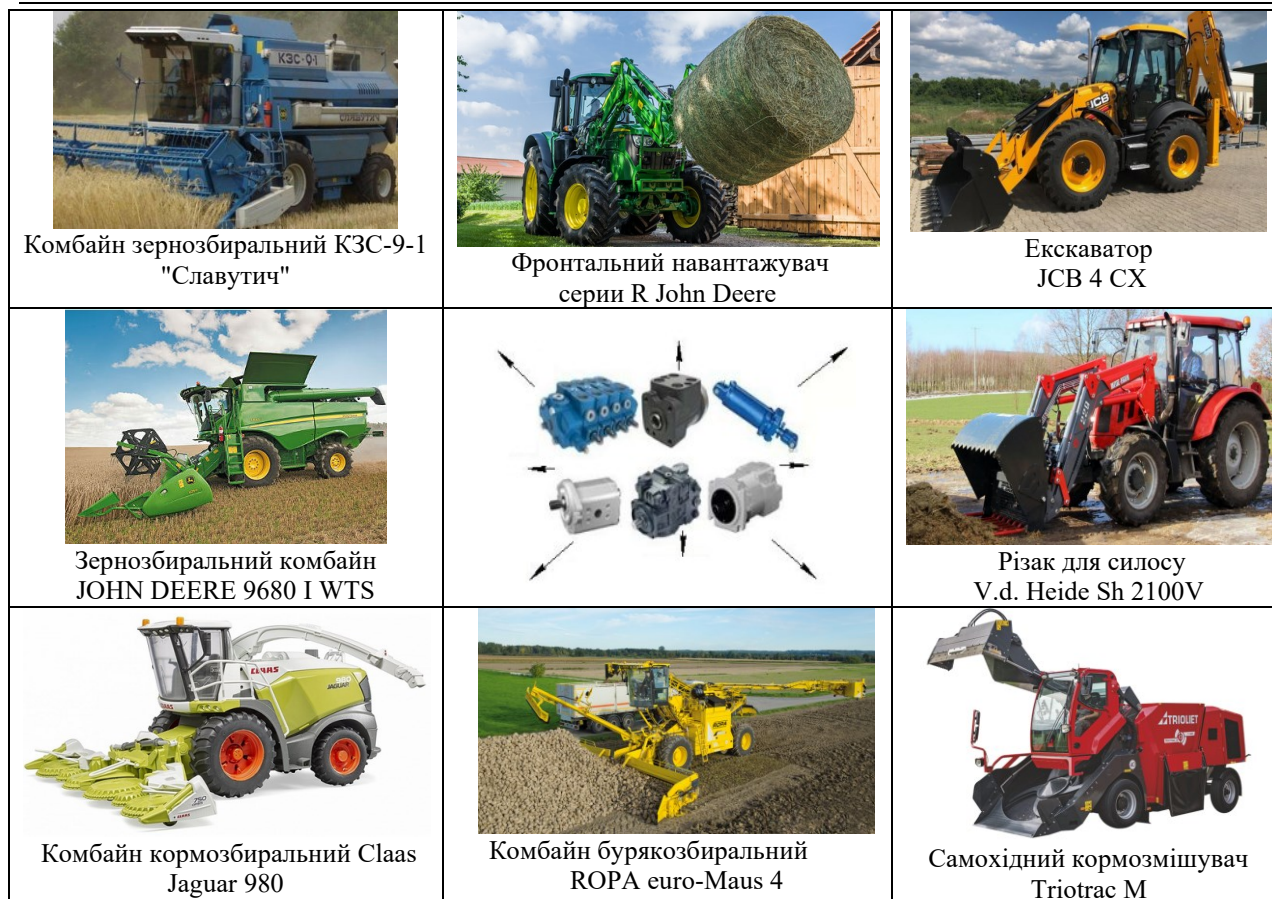


Рис. 1. Використання гідросистем у сучасній техніці вітчизняного та зарубіжного виробництва

Крім цього, в даний час досить велика потреба в автоматизації багатофункціональних та комбінованих технологічних машинах, які використовуються малими підприємствами, фермерськими господарствами, де їх експлуатаційна ефективність та вартість пов'язані з низькою функціональною взаємозамінністю, уніфікацією використовуваних агрегатів, приводів. Тому створення простих і одночасно функціонально уніфікованих приводів або їх підсистем (модулів) з функцією адаптації до змінних властивостей оброблюваного середовища є актуальною проблемою.

Мета дослідження – підвищення ефективності технологічного обладнання для вивантаження стеблових кормів із траншейних сховищ, шляхом розробки принципово нового вирізного механізму з гідравлічним приводом робочих органів, що адаптований до реальних режимів функціонування.

Виклад основного матеріалу

На молочних фермах найбільше часу витрачається на доїння – 37 %, годування – 28 % та прибирання гною – 16 %. У цих процесах витрата енергії, що припадає на навантаження, транспортування та роздачу кормів перевищує 32 %. На фермах із високим рівнем продуктивності за рік на одну тварину необхідно обробити 7-8 т стеблових кормів.

Для отримання високоякісного силосу і сінажу безпосередньо на стадії згодовування необхідно особливо дбайливо підходити до вивантаження корму із траншейного сховища. Головна вимога при вивантаженні корму – запобігання доступу повітря в кормовий масив, але через відсутність спеціалізованої вітчизняної техніки та недосконалої закордонної дана вимога порушується. В Україні для цього найчастіше використовують загальнофермерські грейферні і фронтальні навантажувачі періодичної дії (рис.2), які не відповідають зоотехнічним вимогам до вивантажувачів консервованих кормів, де зазначено, що «...робочий орган після дії на кормовий моноліт повинен забезпечувати рівну і нерозрихлену поверхню» [9].

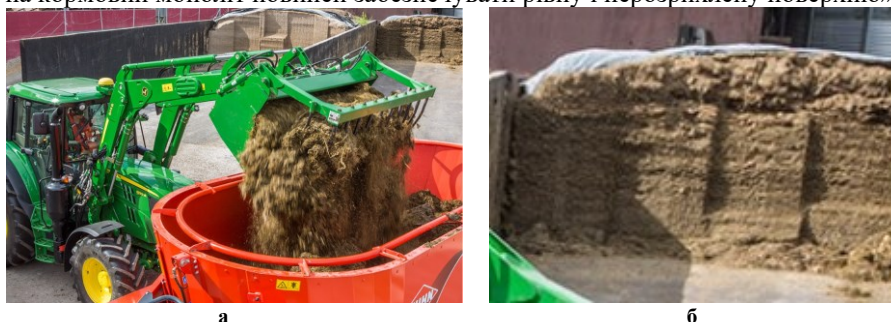


Рис. 2. Вивантаження траншейного сховища виличним захватом на базі фронтального навантажувача John Deere 663R (а) і вигляд поверхні технологічної зони (б)

В результаті розрихлення поверхневого шару починається інтенсивне його окислення, що призводить до зниження поживності корму на 8–13 %, сухої речовини – до 30 %, каротину – 40–60 %, перетравного протеїну – 6–8 %, вміст аміаку підвищується в 2,5–3 рази [9, 10].

Досить велику групу створюють самохідні кормозмішувачі-роздавачі з навантажувачами безперервно-циклічної дії та бункером-накопичувачем або без нього. Вони мають робочі органи у вигляді фрезбарабанів з різними ножами чи ріжучими шнеками [9]. Поверхня зрізу після використання даних машин з фрезерним робочим органом досить шорстка, але рівномірна (рис. 3). Дані навантажувачі енергоємні, металомісткі, дорогавартісні, використання яких доречне на крупних відгодівельних комплексах.



Рис. 3. Самохідний кормозмішувач-роздавач SPW Intense 22.2 CL (а) і технологічна поверхня (б)

Враховуючи суттєву необхідність створення високотехнологічного обладнання для тваринництва на кафедрі «Машин та обладнання сільськогосподарського виробництва» Вінницького національного аграрного університету ведеться робота по розробці вирізного механізму з гідравлічним приводом робочих органів до фронтального навантажувача. Слід зазначити, що дана робота виконується відповідно до пошукової науково-дослідної тематики внутрішньо-вузівського фінансування кафедри згідно теми «Підвищення ефективності роботи гідравлічних приводів сільськогосподарських машин та обладнання із застосуванням сучасних методів діагностування» (№ державної реєстрації 0122U002109).

Конструктивно-технологічну схему вирізного механізму для вивантаження силосу із траншейних сховищ на базі фронтального навантажувача представлено на рис.4.

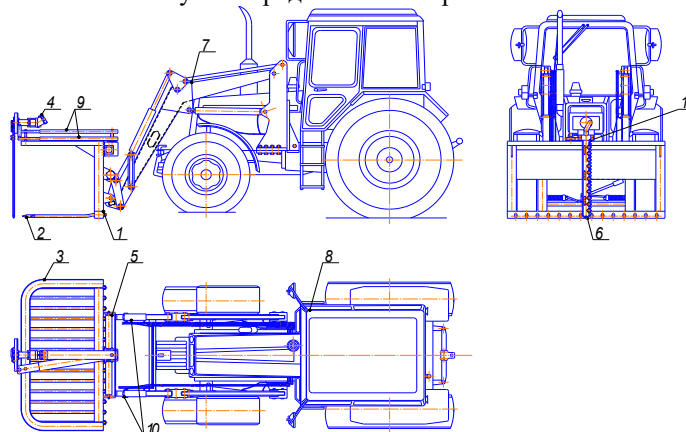


Рис. 4. Конструктивно-технологічна схема вирізного механізму для вивантаження силосу із траншейних сховищ на базі фронтального навантажувача: 1 – рама, 2 – вила, 3 – направляюча рамка, 4 – гідродвигун, 5 – поворотний гідроциліндр, 6 – ніж, 7 – стріла навантажувача, 8 – трактор МТЗ-80, 9 – телескопічний важіль, 10 – гідроциліндри, 11 – приводний механізм

Вирізний механізм для вивантаження силосу із траншейних сховищ являє собою навісне обладнання, що розміщується на стрілі 7 фронтального навантажувача на базі трактора МТЗ-82. Вирізний механізм складається з вертикальної рами 1, яка являє собою зварну конструкцію та складається з двох вертикальних стійок з кронштейнами кріплення до стріли навантажувача, верхнього і нижнього горизонтальних брусів. На нижньому брусі горизонтально кріпляться вила 2. Для запобігання осипання стеблового корму під час вивантаження рама має ґрати. Над вилочним захватом 2 знаходиться направляюча рамка 3, що з'єднана з верхнім брусом рами 1 та з метою забезпечення жорсткості посилена розкосами. Відокремлення блок-порції від кормового моноліту здійснюється рухомим ножом 6, що рухається по направляючій рамці 3 та містить механізм приводу та подачі.

Механізм приводу (кривошипно-шатунний) забезпечує зворотно-поступальний рух рухомого ножа 6 і містить каретку, гідродвигун 4, направляючі, шатун та кривошип. Кривошип зафіксований на валу гідродвигуна, який приводить у рух ніж 6. Каретка оснащена двома кронштейнами. Привод виконавчих гідродвигунів різачка-вивантажувача здійснюється від вільного каналу гідросистеми трактора.

Механізм подачі призначений для пересування й орієнтації рухомого ножа 6 паралельно траєкторії переміщення. Він містить телескопічний важіль 9 з опорним роликом, що встановлено в направляючі рамці вирізного механізму і приводиться в рух від поворотного гідроциліндра 5. Ролик розташований в направляючій рамці і може перекочуватись по ній. Телескопічний важіль 9 орієнтує ніж в площині, паралельній траєкторії переміщення ножа в будь-якій її точці.

Для підвищення ефективності роботи вирізного механізму для вивантаження блок-порції стеблового корму від кормового моноліту запропоновано принципово нову систему гідравлічного привода, що представлена на рис. 5.

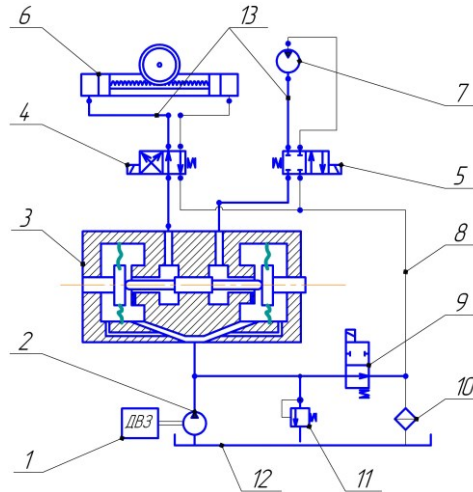


Рис. 5. Гідравлічний привід вирізного механізму для вивантаження силосу із траншейних сховищ:
 1 – двигун внутрішнього згорання (ДВЗ), 2 – гідронасос, 3 – дросельний роздільник потоку,
 4, 5, 9 – гідравлічні розподільники, 6 – поворотний гідроциліндр, 7 – гідродвигун, 8 – гідролінія зливу,
 10 – фільтр, 11 – запобіжний клапан, 12 – гідробак, 13 – напірні гідролінії

Джерелом початкової енергії є двигун внутрішнього згорання трактора 1, на якому він установлений. Робоча рідина від гідронасоса 2 надходить до входу дросельного роздільника потоку із спеціальними властивостями, де потік розділяється у заданому співвідношенні 1/n і направляється до гідравлічних розподільників 4 та 5, після яких робоча рідина надходить до поворотного гідроциліндра, який призначений для переміщення гідродвигуна і безпосередньо до гідродвигуна, вал якого з'єднаний з кривошипом привода ножа.

Початкове співвідношення витрат робочої рідини у гілках гідромотора та гідроциліндра забезпечується за рахунок спеціального розрахунку діаметрів чутливих елементів роздільника потоку.

Якщо ніж потрапляє в ущільнені шари, або на його шляху зустрічається перешкода, крутний момент на валу гідромотора зростає, а, отже, витрата через нього зменшується, отриманий сигнал відпрацьовує дросельний роздільник потоку, прикриваючи змінний гідравлічний опір гілки гідроциліндра. Однак дросельний роздільник потоку виконано таким чином, що в результаті виконаної операції співвідношення витрат у гілках змінюється – шток гідроциліндра уповільнює свій рух, що полегшує роботу вирізного ножа, причому це уповільнення залежить від ступеня підвищення опору обертання ножа з боку маси, що розділяється.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

Сучасні технології годівлі тварин мають ряд недоліків: застосування застарілих машин та обладнання з недостатньо точним дозуванням кормових компонентів; перевитрата кормів, слідом їх псування та втрати поживності при зберіганні, навантаженні та роздачі тваринам; необхідність застосування великої кількості різноманітних машин для здійснення технологічного процесу; відсутність механізації деяких технологічних операцій.

Основними тенденціями розвитку технологій годівлі є універсалізація застосовуваних машин для роботи з різними видами кормів, а також здійснення повного циклу кормоприготування мінімальною кількістю машин з використанням багатофункціональних агрегатів у блочно-модульному виконанні.

Питання вивантаження стеблового корму із траншейних сховищ широко вивчені, але значення конструктивно-технологічних параметрів, запропоновані різними авторами, значно відрізняються один від одного, і існує необхідність в їх уточненні стосовно завантажувальних пристроїв кормових агрегатів.

Запропонована конструктивно-технологічна схема вирізного механізму для вивантаження силосу із траншейних сховищ та її адаптивна система гідравлічного привода, що при умові стійкої роботи забезпечує виконання сформульованого принципу узгодженої зміни швидкостей вихідних ланок гідродвигунів при зміні навантаження на різальному механізмі. Запропонований гідравлічний привід дозволяє збільшити ефективність роботи вирізного механізму та забезпечити стабільне функціонування в умовах змінної щільності маси кормів, що вивантажується.

Література

1. Veselovska N., Shargorodsky S., Rutkevych V., Kupchuk I., Burlaka S. Development of the mathematical model of the hydraulic drive of the lift mechanism of the working equipment of the front loader. *Przegląd Elektrotechniczny*. 2023. Vol. 99 (10). P. 34–38.
2. Ratushna N., Mahmudov I., Kokhno A. Методичні підходи до створення нової сільськогосподарської техніки у відповідності з вимогами ринку наукоємної продукції. *MOTROL*. 2007. № 9А. С. 119–123.
3. Шмат С. І. Тенденції сталого розвитку сучасного сільськогосподарського машинобудування в Україні і за рубежом [Електронний Ресурс] / С. І. Шмат, П. Г. Лузан, С. В. Колісник // КНТУ. – 2010. – Режим доступу : <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/4971>
4. Фінкельштейн З.Л. Експлуатація, обслуговування та надійність гідравлічних машин і гідроприводів : навч. посіб. / Фінкельштейн З.Л., Андренко П.М., Дмитрієнко О.В. – Харків : Видавничий центр. НТУ “ХПІ”, 2014. 308 с.
5. Стаднік М.І. Забезпечення постійного гістерезису золотникових запобіжних клапанів прямої дії / М.І. Стаднік, С.А. Шаргородський, В.С. Руткевич // *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. – 2020. – № 4 (111). – С. 100–108.
6. Руткевич В.С. Обґрунтування параметрів золотникового роздільника потоку системи гідроприводів блочно-порційного відокремлювача консервованого корму / В.С. Руткевич // *Промислова гідравліка і пневматика*. – 2017. – № 4 (58). – С. 58–64.
7. Гунько І.В. Комплексна система фільтрації для замкнутих гідросистем сільськогосподарського обладнання / І.В. Гунько, М.І. Стаднік, С.А. Шаргородський, В.С. Руткевич // *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. – 2021. – № 1 (112). – С. 113–125.
8. Руткевич В.С. Аналіз перехідних процесів в адаптивному гідравлічному приводі вивантажувача стеблових кормів/ В.С.Руткевич, С.О. Шаповалюк // *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки*. –2023. – № 3 (321). – С. 199–209.
9. Руткевич В.С. Інноваційні засоби для вивантаження стеблових кормів з траншейних сховищ / В.С. Руткевич, В.П. Кушнір, О.О. Остапчук // *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки*. – 2022. – № 1 (305). – С. 261–269.
10. Shargorodskiy S., Rutkevych V. Investigation of drive power of the mechanism for separation of stem feed from feed monolith. *Slovak international scientific journal* 2021 № 54. P. 10–20.
11. Ivanov M.I., Rutkevych V.S., Kolisnyk O.M., Lisovoy I.O. Research on the block-portion separator parameters influence on the adjustment range of operating elements speed. *INMATEH - Agricultural Engineering*. 2019. Vol. I, № 1 (57). P. 37–44.
12. Rutkevych V., Kupchuk I., Yaropud V., Hraniak V., Burlaka S. Numerical simulation of the liquid distribution problem by an adaptive flow distributor. *Przegląd Elektrotechniczny*. 2022. № 2 (98). P. 64–69.
13. Руткевич В.С. Адаптивний гідравлічний привод блочно-порційного відокремлювача консервованого корму / В.С. Руткевич // *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. – 2017. – № 4(99). – С. 108–113.

References

1. Veselovska N., Shargorodsky S., Rutkevych V., Kupchuk I., Burlaka S. Development of the mathematical model of the hydraulic drive of the lift mechanism of the working equipment of the front loader. *Przegląd Elektrotechniczny*. 2023. Vol. 99 (10). R. 34–38.
2. Ratushna N., Mahmudov I., Kokhno A. Metodichni pidkhody do stvorennia novoi silskohospodarskoi tekhniki u vidpovidnosti z vymohamy rynku naukoiemnoi produktsii. *MOTROL*. 2007. № 9А. С. 119–123.
3. Shmat S. I. Tendentsii staloho rozvytku suchasnogo silskohospodarskoho mashynobuduvannia v Ukraini i za rubezhem [Elektronnyi Resurs] / S. I. Shmat, P. H. Luzan, S. V. Kolisnyk // КНТУ. – 2010. – Rezhym dostupu : <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/4971>
4. Finkelshtein Z.L. Eksploatatsiia, obsluhovuvannia ta nadiinist hidravlichnykh mashyn i hidropyvodiv : navch. posib. / Finkelshtein Z.L., Andrenko P.M., Dmytrienko O.V. – Kharkiv : Vydavnychiy tsentr. NTU “KhPI”, 2014. 308 s.
5. Stadnik M.I. Zabezpechennia postoiinoho histerezysu zolotnykovykh zapobizhnykh klapaniv pramoii dii / M.I. Stadnik, S.A. Sharhorodskiy, V.S. Rutkevych // *Tekhnika, enerhetyka, transport APK*. – 2020. – № 4 (111). – С. 100–108.
6. Rutkevych V.S. Obgruntuvannia parametriv zolotnykovoho rozdilnyka potoku systemy hidropyvodiv blochno-portsiinoho vidokremliuvacha konservovanoho kormu / V.S. Rutkevych // *Promyslova hidravlika i pnevmatyka*. – 2017. – № 4 (58). – С. 58–64.
7. Hunko I.V. Kompleksna systema filtratsii dlia zamknytykh hidrosystem silskohospodarskoho obladnannia / I.V. Hunko, M.I. Stadnik, S.A. Sharhorodskiy, V.S. Rutkevych // *Tekhnika, enerhetyka, transport APK*. – 2021. – № 1 (112). – С. 113–125.
8. Rutkevych V.S. Analiz perekhidnykh protsesiv v adaptivnomu hidravlichnomu pryvodi vyvantazhuvacha steblovykh kormiv/ V.S.Rutkevych, S.O. Shapovaliuk // *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnogo universytetu. Seriya: Tekhnichni nauky*. –2023. – № 3 (321). – С. 199–209.
9. Rutkevych V.S. Innovatsiini zasoby dlia vyvantazhennia steblovykh kormiv z transheinykh skhovyshech / V.S. Rutkevych, V.P. Kushnir, O.O. Ostapchuk // *Herald of Khmelnytskyi National University*. – 2022. – № 1 (305). – С. 261–269.
10. Shargorodskiy S., Rutkevych V. Investigation of drive power of the mechanism for separation of stem feed from feed monolith. *Slovak international scientific journal* 2021 № 54. R. 10–20.
11. Ivanov M.I., Rutkevych V.S., Kolisnyk O.M., Lisovoy I.O. Research on the block-portion separator parameters influence on the adjustment range of operating elements speed. *INMATEH - Agricultural Engineering*. 2019. Vol. I, № 1 (57). P. 37–44.
12. Rutkevych V., Kupchuk I., Yaropud V., Hraniak V., Burlaka S. Numerical simulation of the liquid distribution problem by an adaptive flow distributor. *Przegląd Elektrotechniczny*. 2022. № 2 (98). P. 64–69.
13. Rutkevych V.S. Adaptivnyi hidravlichnyi pryvod blochno-portsiinoho vidokremliuvacha konservovanoho kormu / V.S. Rutkevych // *Tekhnika, enerhetyka, transport APK*. – 2017. – № 4(99). – С. 108–113.