



УДК 631.363:621.86.068:62-82
DOI: 10.37128/2520-6168-2019-3-10

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ СТЕНД ДЛЯ РЕСУРСНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ЗОЛОТНИКОВОГО РОЗДІЛЬНИКА ПОТОКУ

Руткевич Володимир Степанович, к.т.н., ст. викладач
Вінницький національний аграрний університет

V. Rutkevych, PhD
Vinnytsia National Agrarian University

У статті розглянуто та проаналізовано умови роботи сучасного гідравлічного привода. Незважаючи на складні умови експлуатації сучасної сільськогосподарської техніки (важкі умови роботи, часті зміни технологічного навантаження на робочих органах, низька якість робочої рідини, підвищена запиленість та коливання температурного режиму) гідравлічний привод є основним надійним її елементом. Основу гідравлічних приводів складають гідравлічні апарати золотникового типу, вони залишаються основними складовими сучасного гідравлічного привода, що здатні підвищити енергетичні, динамічні, вартісні характеристики та підняти надійність і довговічності даного привода. У статті зазначені переваги, недоліки та напрямки удосконалення гідравлічного привода. Розглянуті сучасні напрямки удосконалення гідроприводу, що спрямовані на підвищення надійності, довговічності та пристосованості до зміни технологічного навантаження на робочих органах. Запропоновано конструкцію стенда, яка дозволяє дослідити ресурсне дослідження розробленого золотникового роздільника потоку вивантажувача стеблових кормів. В результаті проведення дослідження на початковому етапі було виявлено деякі недоліки у конструктивному виконанні розробленого золотника роздільника потоку при напрацюванні до $2 \cdot 10^4$ циклів. Після аналізу умов роботи та внесення змін у конструкцію золотника роздільника потоку вивантажувача стеблових кормів та проведенні повторних випробувань золотниковий роздільник показав стабільну роботу при цьому напрацював більше $6,6 \cdot 10^5$ циклів навантаження.

Ключові слова: гідропривод, насос, роздільник потоку, розподільник, дросель, надійність, експериментальний стенд, ресурс, напрацювання.

Рис. 3. Літ. 12.

1. Постановка проблеми

Однією з головних складових частин технологічних машин і агрегатів є їх привод, в якості силового приводу часто використовують гідравлічний привод, функціональні і експлуатаційні особливості якого надають, як правило, вирішальний вплив на властивості гідромеханічної системи і технологічних машин в цілому. У зв'язку з цим вивчення силового гідравлічного приводу приділяється значна увага [1].

Розробка і впровадження кожного нового типу технологічного обладнання вимагає визначення відносної значущості двох основних груп характеристик системи: споживчих властивостей і показників технічного рівня [2]. Вплив приводу на функціонування технологічних машин і агрегатів є досить значимим, особливо в умовах постійного підвищення продуктивності і якості продукції, забезпечення взаємопов'язаних переміщень робочих органів, підвищення гнучкості і розширення області можливих змін параметрів. При сучасному рівні робочих тисків в гідравлічній системі, зусиль і швидкостей переміщення робочих органів технологічних машин і агрегатів агропромислового комплексу (АПК) на перший план ставлять питання надійності та довговічності, що вимагає подальшого вдосконалення теорії та методології їх розрахунку [3, 4]. Таким чином, тема ресурсного дослідження золотникового роздільника потоку є актуальною та своєчасною.

Мета роботи – підвищення надійності та довговічності роботи розробленого золотникового роздільника потоку вивантажувача стеблових кормів, шляхом його ресурсного дослідження на експериментальному стенді.

2. Аналіз останніх досліджень та публікацій

Сучасні технологічні машини і агрегати компонуються в основному з готових уніфікованих вузлів, технологічні параметри яких значною мірою визначають ступінь відповідності оптимальних і реально існуючих схем обладнання. Різноманіття компоновок приводів для вирішення однієї



технологічної задачі часто викликано сформованими традиціями і, як правило, технічно не виправдано [5].

Практика машинобудування показує, що в багатьох випадках кінематичні схеми можуть бути значно спрощені, якщо цьому приділяти особливу увагу при проектуванні [6].

Однак, до складу силового гідравлічного приводу технологічних машин і агрегатів, в тій чи іншій формі, обов'язково входять електричний і механічний приводи, що перетворює його в систему приводів різного виду. Переважна більшість сучасних досліджень присвячені вивченню гідравлічних приводів, основу яких складають гідравлічні апарати золотникового типу. Багато технологічних машин і агрегатів (особливо в АПК) працюють у важких умовах, змінних навантаженнях, характеризуються підвищеною температурою і запиленістю, низькою якістю робочої рідини та іншими несприятливими ознаками, що значно знижує надійність і якість функціонування систем приводів. Саме тому сучасна сільськогосподарська техніка потребує нового-інтелектуального привода робочих органів, що буде здатний адаптувати його до зміни технологічного навантаження на робочих органах.

Аналіз літературних джерел показав, що більшість робіт в області дослідження гідравлічних приводів присвячені вивченню і дослідженню загальних питань розрахунку гідравлічних елементів і методик розрахунку гідравлічних приводів на основі золотникових гідравлічних апаратів. Особлива увага приділяється динаміці гідравлічних приводів заснованих на використанні золотникової гідравлічної апаратури. Багато авторів вивчають гідравлічні приводи з урахуванням піддатливості жорстких трубопроводів. Значний внесок у дані дослідження внесли Т. М. Башта, Є. М. Хаймович, В. М. Прокоф'єв, В. П. Бочаров, М. І. Іванов, М. С. Гаминін, Л. П. Серєда, О. П. Губарєв, Н. Р. Веселовська, І. А. Немировський, Г. Й. Зайончковський, Р. Д. Ісковича-Лотоцький, П. М. Андрєнко, З. Л. Фінкельштейн, В. Б. Струтинський та інші видатні українські вчені [1, 7].

Ряд авторів пропонують проводити розрахунки гідравлічних передач з урахуванням жорсткості металевих трубопроводів і порожнин гідравлічних циліндрів, але вони не дають визначення «жорсткості» і по суті враховується лише модуль пружності рідини, крім того розглядається жорсткість лише окремих елементів системи (циліндрів і трубопроводів).

До привода, як і до самостійних систем обладнання, ставляться найбільш високі вимоги по швидкодії, точності і надійності. Крім того, силовий привод автоматизованого технологічного обладнання має цілий ряд істотних особливостей, пов'язаних, в першу чергу, з областю застосування обладнання, характером навантажень і способом управління. У технологічних машинах і агрегатах використовуються різні по фізичним принципам дії типи приводів. Однак всюди, де потрібні висока швидкодія і точність в умовах великих діючих навантажень, гідравлічні приводи мають явну перевагу, які багато в чому пояснюються більш високою жорсткістю системи гідравлічного приводу в порівнянні з системами приводів інших типів. Механічні характеристики будь-якого типу приводу без аналізу притаманних їм особливостей перехідного процесу пуску і гальмування можуть привести до помилкових висновків при виборі типу приводу.

Якість перехідних процесів систем приводів залежить від багатьох чинників, головні з яких – кінематична структура механізму і розподіл в ній інерційних мас, жорсткість приводу і характеристики засобів і систем управління [8].

Гідропривод має безсумнівні переваги в показниках металоємності – він в два рази перевищує можливість передачі потужності однієї і тієї ж умовної одиниці маси приводу і майже в три рази – умовною одиницею об'єму [9].

На сьогоднішній день можна говорити про те, що показник рівня надійності для гідроприводу є переважною характеристикою. Проте, в гідроприводі слід зазначити і недоліки, пов'язані в основному, з підвищеними вимогами до його обслуговування в процесі експлуатації та високою чутливістю елементів управління гідравлічних приводів до якості робочої рідини і умов зовнішнього середовища.

Фірма Rexroth, що має майже 50-річний досвід конструювання, виготовлення і експлуатації різного автоматизованого обладнання, незважаючи на можливості лідера в електротехніці-концерну Mannesman, до складу якої вона входить, залишається прихильником подальшого розвитку гідроприводу. Завдяки впровадженню ефективних алгоритмів управління, гідропривод успішно конкурує з електроприводом аж до потужностей 3–7 кВт [10].

3. Мета дослідження

Метою роботи є розробка та експериментальне дослідження золотникового роздільника потоку вивантажувача стеблового корму, що дозволить підвищити надійність сучасної гідравлічної техніки та забезпечити її відповідність сучасному світовому технічному рівню.

4. Результати дослідження

Одним з основних елементів системи гідроприводів вивантажувача стеблового корму є золотниковий роздільник потоку [11,12]. Саме від нього залежить надійна робота системи гідравлічних приводів і вивантажувального засобу в цілому.

З метою визначення надійності золотникового роздільника потоку (рис.1), проведені ресурсні випробування його дослідного зразка, розробленого та виготовленого на кафедрі машин та обладнання сільськогосподарського виробництва Вінницького національного аграрного університету.

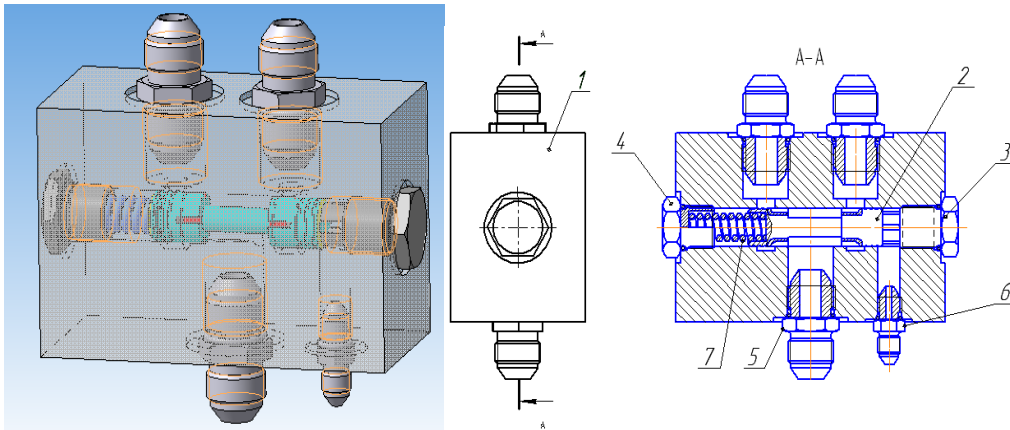


Рис. 1. Золотниковий роздільник потоку вивантажувача стеблового корму: 1 – корпус, 2 – золотник, 3 – упор, 4 – кришка пружини, 5,6 – штуцер прохідний, 7 – пружина

Випробування проводилися на спеціально спроектованому стенді, принципова гідравлічна схема якого наведена на рис. 2.

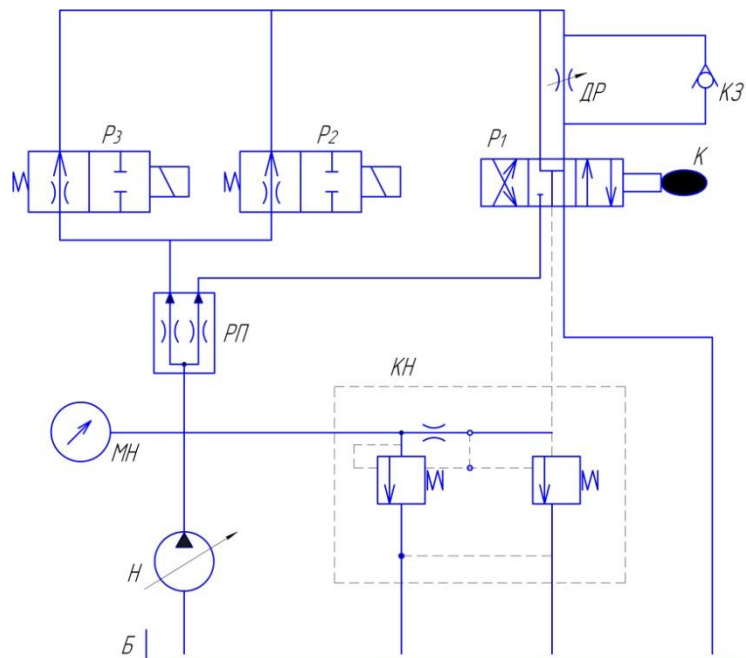
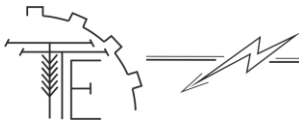


Рис. 2. Принципова гідравлічна схема експериментального стенду для ресурсних випробувань золотникового роздільника потоку вивантажувача стеблового корму



У комплект експериментального стенду входить (рис. 2) випробуваний золотниковий роздільник потоків PP , гідророзподільник P_1 з механічним керування від кулачкового механізму K , напірний гідроклапан – KH ; розподільники з електромагнітним керуванням – P_2 і P_3 ; випробувальний стенд КИ-4815 (непоказаний), який забезпечує привод насоса – H , стабілізацію температури робочої рідини, визначення витрати рідини в зливний магістралі при робочому циклі і її очищення. В експериментальному стенді відповідний рівень тиску забезпечується дросельним навантаженням за допомогою дроселя DP і розподільників з електромагнітним управлінням P_2 і P_3 . Час робочих циклів і їх структура задаються частотою обертання кулачка механізму K і його профілем. Рівень вхідного тиску періодично контролювався манометром MH .

При проведенні ресурсних випробувань експериментальний стенд при продуктивності насоса 12 л/хв забезпечує наступний цикл навантаження:

- тиск $(1 \pm 0,5)$ МПа протягом 0,25 секунд;
- тиск (14 ± 5) МПа протягом 1,25 секунд;
- тиск $(1 \pm 0,5)$ МПа протягом 0,35 секунд;
- тиск (16 ± 5) МПа протягом 0,85 секунд.

Таким чином, повний робочий цикл ресурсних випробувань, що забезпечується експериментальним стендом, становить 2,7 секунди.

Дослідження включали в себе визначальні випробування надійності золотникового роздільника потоку (ресурсні випробування) в поєднанні з контрольними випробуваннями якості його роботи.

При випробуваннях в експериментальному стенді використовується робоча рідина – масло індустріальне М-10В (густина 905 кг/м^3 , кінематична в'язкість при температурі 100°C – $11 \pm 0,5 \text{ мм}^2/\text{с}$ по ГОСТ 8581-78). Чистота робочої рідини не грубше 15 класу. Номінальна тонкість фільтрації – 25 мкм.

В результаті досліджень встановлено.

У першому конструктивному виконанні золотниковий роздільник потоку вивантажувача стеблового корму відпрацював не більше $2 \cdot 10^4$ циклів, при цьому виявлено певні недоліки у конструкції золотникового елемента роздільника потоку.

Однак після внесення необхідних змін до конструкції роздільника потоку вивантажувача стеблового корму PP і проведенні повторних випробувань золотникового роздільника потоку напрацював в цілому більше $6,6 \cdot 10^5$ циклів навантаження. При цьому якість його функціонування залишалася стабільною і в межах норми. Випробування були припинені у зв'язку з виконанням розробленим золотниковим розподільником потоку поставленого завдання.

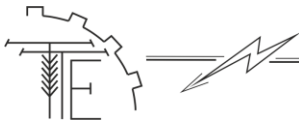
На рис. 3 приведена фотографія золотникового елемента доопрацьованої конструкції PP після проведення випробувань.



Рис. 3. Золотниковий елемент доопрацьованої конструкції роздільника потоку вивантажувача стеблового корму

5. Висновки

Незважаючи на складні умови експлуатації сучасної сільськогосподарської техніки (важкі умови роботи, часті зміни технологічного навантаження на робочих органах, низька якість робочої рідини, підвищена запиленість та коливання температурного режиму) гідравлічний привод є основним надійним її елементом. Основу гідравлічних приводів складають гідравлічні апарати золотникового типу, вони залишаються основними складовими сучасного гідравлічного привода, що здатні підвищити енергетичні, динамічні, вартісні характеристики та підняти надійність і



довговічності даного привода. В результаті проведення експериментального ресурсного дослідження золотникового роздільника потоку вивантажувача стеблового корму на розробленому стенді було встановлено, що надійність золотникового роздільника потоку достатня для забезпечення роботи системи приводів протягом тривалого терміну служби (напрацювання на відмову складає більше $6,6 \cdot 10^5$ циклів).

Список використаних джерел

1. Іскович-Лотоцький Р. Д. Основи теорії розрахунку та розробка процесів і обладнання для віброударного пресування: монографія. Вінниця : УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2006. 338 с.
2. Пастушенко, С. І. Питання оптимізації технічних систем. *Збірник наукових праць НАУ “Механізація сільськогосподарського виробництва”*. Київ: Видавництво НАУ, 2002. Т.ХІ. С. 266–271.
3. Войтюк Д. Г. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку : навчальний посібник / за ред. Д. Г. Войтюка, С. С. Яцун, М. Я. Довжик. Суми: ВТД «Університетська книга», 2008. 543 с.
4. Сільськогосподарські машини. Основи теорії і розрахунку / Войтюк Д. Г., Барановський В. М., Булгаков В. М. та ін. ; за ред. Д. Г. Войтюка. К.: Вища освіта, 2005. 464 с.
5. 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.
6. Шмат С. І., Лузан П. Г., Колісник С. В. Тенденції сталого розвитку сучасного сільськогосподарського машино-будування в Україні і за рубежом. КНТУ, 2010. URL : <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/4971>.
7. Коваленко А. О. Роговий А. С., Сьомін Д. О. Основи наукових досліджень (планування експериментів) : підручник. Луганськ: СЛУ ім. В.Даля, 2011. 216 с.
8. Попов Д. Н. Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем. М.: Машиностроение, 1987. 464 с.
9. Іскович-Лотоцький Р. Д., Обертюх Р. Р., Севастьянов І. В. Процеси та машини вібраційних та віброударних технологій. Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2006. 291 с.
10. Чубик Р. В., Зелінський І. Д. Ідентифікація критеріїв для енергозберігаючого керування віброприводами адаптивних вібромашин. *Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні*, 2015. Вип. 49. С. 107–111.
11. Иванов Н. Шаргородский С., Руткевич В. Математическая модель гидропривода блочно-порционного отделителя консервированных кормов. *MOTROL*, 2013. №5. С. 83-91.
12. Руткевич В. С. Адаптивний гідравлічний привод блочно-порційного відокремлювача консервованого корму. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*, 2017. №4(99). С. 108–113.

References

- [1] Iskovych-Lototskyi, R. (2006) *Osnovy teorii rozrakhunku ta rozrobka protsesiv i obladdannia dlia vibroudarnoho presuvannia : monohrafiia [Fundamentals of the theory of calculation and development of processes and equipment for vibration shock: a monograph]*. Vinnytsia: UNIVERSUM–Vinnytsia [in Ukrainian].
- [2] Pacstyushenko, S. (2002). *Pytannia opty-mizatsii tekhnichnykh system [The questions of optimization of technical systems]* Zbirnyk naukovykh prats NAU “Mekhanizatsiia silskohospodarskoho vyrobnytstva”, XI, 266-271, Kyiv: Vydavnytstvo NAU [in Ukrainian].
- [3] Voitiuk, D., Ytsun, S., Dovzhyk, M. (2008). *Silskogospodarcki mashyny: Osnovy teorii i rozrakhunku: navchalnyi posibnik [Agricultural machines: the basics of theory and calculation]* Sumy: VTD “Universytetska knyga” [in Ukrainian].
- [4] Voitiuk, D., Baranovskyi, V., Bulgakov, V. (2005) *Silskogospodarcki mashyny osnovy teorii i rozrakhunku: pidruchnyk [Agricultural machines: the basics of theory and calculation]*. Kyiv: Vyshcha osvita [in Ukrainian].
- [5] Ratushna, N., Mahmudov, I., Kokhno, A. (2007) *Metodychni pidkhody do stvorennia novoi silskohospodarskoi tekhniki u vidpovidnosti z vymohamy rynku naukoiemnoi produktsii [Methodical approaches to the creation of new agricultural machinery in accordance with the demands of the market of science-intensive products]*, № 9, 119 – 123, MOTROL [in Ukrainian].



- [6] Shmat, S., Luzan, S., Kolisnyk, S. (2010) *Tendentsii stalogo rozvytku suchasnogo silskogospodarckogo mashyno-buduvannia v Ukraini i za rubiezem* [Trends in Sustainable Development of Modern Agricultural Machinery in Ukraine and Abroad]. Retrieved from <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/4971>. /KNTU.–2010 [in Ukrainian].
- [7] Kovalenko, A., Rohovyi, A., Somin, D. (2011) *Osnovy naukovykh doslidzhen (planuvannia eksperymentiv)* [Fundamentals of scientific research (experiment planning)] Lyhansk: SNU im.V.Dalia [in Ukrainian].
- [8] Popov, D. (1987) *Dynamika i rehulirovaniie hidro- i pnevmosistem* [Dynamics and regulation of hydraulic and pneumatic systems] Moscow: Mashinostroieniie [in Russian].
- [9] Iskovich-Lotoczkyi, R., Obertyuh, R., Sevostyanov, I. (2006) *Procesy ta mashyny vibracijnyh ta vibroudarnykh tekhnologij* [Processes and machines of vibrating and vibro-impact technologies]. Vinnycia: UNIVERSUM-Vinnycia [in Ukrainian].
- [10] Chubyk, R., Zelinskyi, I. (2015) *Identyfikatsiia kryteriiv dlia enerhozberihaiuchoho keruvannia vibropy-vodamy adaptyvnykh vibromashyn* [Identification of criteria for energy saving control of vibration drives of adaptive vibrating machines], 49, 107 – 111, *Avtomatyzatsiia vyrobnychkykh protsesiv u mashynobuduvanni ta prykladobuduvanni* [in Ukrainian].
- [11] Ivanov, N., Sharhorodskyi, S., Rutkevych, V. (2013) *Matema-ticheskaia model hidropivoda blochno-portsionoho otdelitelia konservirovannykh kormov* [The mathematical model of the hydraulic drive of the block-portion separator of canned feed], No 5, 83 – 91, *MOTROL* [in Ukrainian].
- [12] Rutkevych, V. (2017). *Adaptivnyi hidravlichnyi pryvod blochno-portsiinoho vidokremliuvacha konservovanoho kormu* [Adaptive hydraulic drive block-portable of canned forage block-batch separator], No 1, 108-113, *Vseukrainskyi naukovo-tekhnichnyi zhurnal*. [in Ukrainian].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ РЕСУРСНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ЗОЛОТНИКОВОГО ДЕЛИТЕЛЯ ПОТОКА

В статье рассмотрены и проанализированы условия работы современного гидравлического привода. Несмотря на сложные условия эксплуатации современной сельскохозяйственной техники (тяжелые условия работы, частые изменения технологической нагрузки на рабочих органах, низкое качество рабочей жидкости, повышенная запыленность и колебания температурного режима) гидравлический привод является основным надежным ее элементом. Основу гидравлических приводов составляют гидравлические аппараты золотникового типа, они остаются основными составляющими современного гидравлического привода, способны повысить энергетические, динамические, стоимостные характеристики и поднять надежность и долговечности данного привода. В статье указаны преимущества, недостатки и направления совершенствования привода. Рассмотрены современные направления развития гидропривода, направленные на повышение надежности, долговечности и приспособляемости к изменению технологической нагрузки на рабочих органах. Предложена конструкция стенда, которая позволяет исследовать ресурсное исследование разработанного золотникового делителя потока погрузчика стебельчатых кормов. В результате проведения исследования на начальном этапе выявились некоторые недостатки в конструктивном исполнении разработанного золотника делителя потока при наработке до $2 \cdot 10^4$ циклов. После анализа условий работы и внесения изменений в конструкцию золотника делителя потока погрузчика стебельчатых кормов и проведении повторных испытаний золотниковый делитель показал стабильную работу при этом наработал более $6,6 \cdot 10^5$ циклов нагрузки.

Ключевые слова: гидропривод, насос, делитель потока, распределитель, дроссель, надежность, экспериментальный стенд, ресурс, наработка.

Рис. 3. Лит. 12.

EXPERIMENTAL RESOURCE STAND RESEARCH OF THE GOLDEN DIVISION DISTRIBUTOR

The article discusses and analyzes the operating conditions of a modern hydraulic drive. Despite the difficult operating conditions of modern agricultural machinery (difficult working conditions, frequent changes in the technological load on the working bodies, low quality of the working fluid, increased dust content and temperature fluctuations), the hydraulic drive is its main reliable element. The basis of hydraulic drives is hydraulic spool type devices, they remain the main components of a modern hydraulic



drive, are able to increase energy, dynamic, cost characteristics and increase the reliability and durability of this drive. The advantages, disadvantages and directions of improvement of this drive are noted. The modern directions of development of the hydraulic drive aimed at increasing the reliability, durability and adaptability to changing the technological load on the working bodies are considered. A booth design is proposed that allows to investigate a resource study of the developed spool splitter of a forage stem feeder. As a result of the research at the initial stage, some shortcomings in the structural implementation of the developed spool of the flow divider at the time up to $2 \cdot 10^4$ cycles were revealed. After analyzing the operating conditions and making changes to the design of the stem feeder spacer spacer and retesting, the spacer spacer showed stable operation, with more than $6.6 \cdot 10^5$ load cycles.

Keywords: *hydraulic actuator, pump, flow divider, distributor, throttle, reliability, experimental stand, resource, experience.*

Fig. 3. Ref. 12.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

Руткевич Володимир Степанович – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри «Машин та обладнання сільськогосподарського виробництва» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008, e-mail: v_rut@ukr.net).

Руткевич Владимир Степанович – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Машин и оборудования сельскохозяйственного производства» Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечна, 3, г. Винница, Украина, 21008, e-mail: v_rut@ukr.net).

Rutkevych Volodymyr – PhD, Senior lecturer of the Department of “Machinery and Equipment for Agricultural Production” of Vinnytsia National Agrarian University (Sonyachna Str., 3, Vinnytsia, Ukraine, 21008, e-mail: v_rut@ukr.net).