**IV. МАШИНОБУДУВАННЯ ТА МАТЕРІАЛООБРОБКА**

УДК 630.32.002.5

ГІДРАВЛІЧНІ ПРИВОДИ В СИСТЕМАХ ПОДРІБНЕННЯ ДЕРЕВИНИ

Гуцько Ірина Василівна, к.т.н., доцент,
Кравець Світлана Миколаївна, асистент
Вінницький національний аграрний університет

I. Gunko, PhD, Associate Professor
S. Kravets, Assistant
Vinnytsia National Agrarian University

У статті проведено аналіз сучасних машин для подрібнення деревини, в якому розглянуті приводи робочих органів машин, працюючих на базі об'ємного гідроприводу. Запропонована схема синхронізації роботи двох гідродвигунів, що приводять в дію приводні вальці деревоподрібнюючих машин без використання дільника потоку. В роботі запропонована розроблена авторами схема синхронізації обертання валів гідродвигунів та показано виготовлений натурний зразок секційного розподільника з пропорційним керуванням.

Ключові слова: гідравлічний привід, розподільник, механізм подачі, синхронізація.

Рис. 5. Літ. 13.

1. Постановка проблеми

Об'ємний гідропривід сьогодні широко використовується в машинобудуванні. Він став невід'ємною частиною сучасних мобільних машин для лісової промисловості. Управління робочими органами таких машин характеризується легкістю та зручністю, оскільки потребує невеликих зусиль в керуванні важелями. Це створює комфортні умови праці для оператора. При проектуванні чи модернізації машин з гідроприводом необхідно максимально застосовувати мікропроцесорні системи управління оскільки їхня вартість за останні роки значно знизилась. Для реалізації такого напрямку необхідно, по можливості, замінювати гідромеханічні елементи на електрогідравлічні. В кінцевому рахунку це дасть змогу підвищити якість роботи машини і навіть зменшити її вартість [1].

2. Аналіз попередніх наукових досліджень

Модернізацією та доробкою гідроприводу відомих деревоподрібнюючих машин займалися такі вчені як Л.П. Серeda, Ю.Б. Паладійчук [2], Л.К. Поліщук [3] та інші. Так в одних роботах механічна передача приводу робочого органа замінена гідропередачею. В іншій роботі безпосередньо в робочий орган (ріжучий барабан) вмонтовано гідродвигун. Разом з пристроями регулювання такі доробки безумовно покращують робочі характеристики і якість роботи подрібнюючої машини в цілому.

Гідропривід механізму подачі деревини в зону різання в подрібнюючих машинах залишається дещо спрощеним. Хоча при наявності, наприклад, глибокого регулювання швидкості подачі деревини, а також при жорсткій стабілізації необхідної вибраної швидкості можна одержувати різні необхідні фракції тріски при постійній швидкості обертання ріжучого барабана чи фрези. Крім цього, автори попередніх досліджень і доробок практично не використовують сучасні елементи гідроприводу наприклад розподільники з пропорційним керуванням які дозволяють легко комп'ютеризувати весь технологічний процес.

3. Мета і задачі дослідження

Метою роботи є модернізація гідроприводу подачі деревини в зону різання за рахунок синхронізації обертання двох гідродвигунів, а також розробка і виготовлення секційного розподільника з пропорційним керуванням.

Метою статті є покращення стабільної роботи механізму подачі деревини в зону різання. Для досягнення цієї мети поставлена задача синхронізації обертання двох гідродвигунів. Спосіб синхронізації має спростити гідромеханічну складову всього механізму за рахунок використання мікрокомп'ютерних технологій. В свою чергу для реалізації цієї задачі необхідно також



сконструювати та виготовити секційний електрогідравлічний розподільник з пропорційним керуванням який буде посередником між комп'ютером і гідроприводом.

4. Основні результати дослідження

До лісозаготівельної техніки відноситься широкий перелік машин, які застосовуються для зрізання дерев, обрізки гілок, розкрязування подрібнення відходів і т.п. Існує кілька синонімів для так званих рубальних машин: дробильна машина, подрібнювач деревини, шредер, рубалка, дробарка, чіппер (chipper). Продуктом подрібнення з нормованими параметрами є технологічна тріска – сипучий матеріал, частинки якого мають в середньому приблизно 25 мм в довжину, 20 – 30 мм в ширину і 3 – 6 мм в товщину. Такий продукт подрібнення є досить універсальним по застосуванню — його можна використовувати в плитному, целюлозному, гідролізованому виробництві та в якості палива. Тріску заготовляють за допомогою деревоподрібнювальних машин які призначені для подрібнення відходів деревини на лісосіках в лісопильних чи деревообробних підприємствах, а також деревних матеріалів, що підлягають утилізації. На світовому ринку представлені подрібнювачі деревини різних фірм: Caravaggi і Pezzolato та GreenTechnic (Італія), JoBeau (Бельгія), Hemmel, Junkkari (Фінляндія), Eschlbock, Unterreiner Forstgerate, Heizomat (Німеччина) та ін. В Україні машини для подрібнення деревини виготовляють декілька підприємств: фірма «Олнова», «УкрПКТЛіспром», ТОВ «Хеммель-Україна» та ін.

В цілому аналіз конструкцій лісозаготівельної техніки дозволяє зробити висновок, що практично всі її зразки оснащені силовими гідравлічними системами, що забезпечують роботу виконавчих органів машин і здійснення ними основних технологічних операцій.

Наприклад в деревоподрібнюючій машині DP660E фірми «ОЛНОВА» [4] для подачі деревини в робочу зону використовується гідравлічна система. Два затягуючих ролика (вальця) забезпечені окремими гідродвигунами. При подачі від насосної станції масла через регулятор тиску регулюється швидкість обертання вальців, а наявний розподільник дозволяє змінювати і напрям їх обертання. До сьогодення часу машина підлягає різносторонній модернізації. Так в роботі [2] автори пропонують заміну механічного приводу робочого органа на гідравлічну трансмісію. В іншій роботі [3] автори пропонують вмонтувати в різальний барабан (фрезу) гідродвигун.

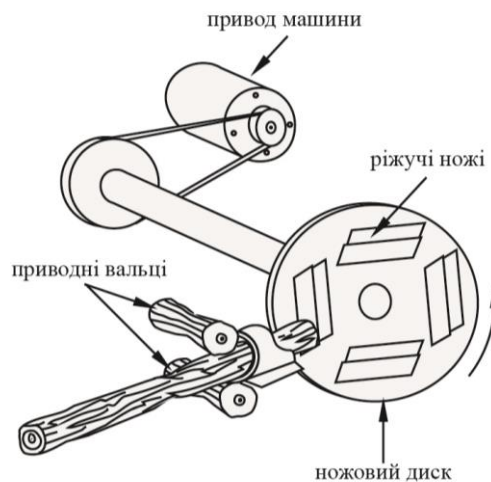


Рис. 1. Кінематична схема деревоподрібнюючої машини DP660E

Існує окрема категорія машин для подрібнення деревини [5] – це мульчери (деревоподрібнювач, від англ. *mulcher*) або лісові фрези. Завдання цієї машини – подрібнювати деревину, чагарник на корені. При роботі мульчера зрізані дерева і кущі утилізуються шляхом подрібнення в тріску, яка залишається на поверхні або змішується з верхнім шаром землі. Привід ротора мульчера як правило виконаний у вигляді гідродвигуна з відповідною системою живлення і управління. Добре відомі мульчери Denis Cimaf, Kershaw Klearway.

З точки зору найбільшої автоматизації лісозаготівельних процесів, мінімізації ручної праці виділяється велика група машин під назвою харвестер (англ. *harvester*, від *harvest збирати урожай*)



[6]. Одна така машина зрізає дерево під корінь і відразу його розкрязує на найбільш цінні для замовника сортименти водночас очищаючи від сучків і гілок (скандинавська технологія). Робочим органом цієї машини є харвестерна головка. Принцип дії головки досить простий. За допомогою маніпулятора головку підводять до комля дерева і охоплюють його вальцями і сучкорізними (гілкорізними) лезами. Дерево зрізується ланцюговою пилкою і валиться. Далі починають обертатися вальці і протягують стовбур дерева. Так влаштовано більшість харвестерних головок. Дещо відрізняються головки для заготовки енергетичної деревини. Стовбур зрізується у них за допомогою ножа який приводиться в дію силовим гідроциліндром, а протягуючі ролики (вальці) відсутні.

Ретельний аналіз технологічної частини лісозаготівельних машин дозволяє зробити висновок, що гідропривід більшості з них має подібний набір складових їх агрегатів, які забезпечують виконання заданих функціональних характеристик і можливість їх регулювання в необхідних межах. Типовий набір гідроагрегатів включає: насоси, двигуни, гідроциліндри, розподільники, регулюючі та запобіжні клапани, гідролінії та інші допоміжні гідроагрегати.

Більшість згаданих вище машин містить протягуючий механізм (механізм подачі) у вигляді двох (іноді більше) вальців покритих гумою, або шипованих роликів, які затискають між собою деревину. При обертанні гідродвигунами вальців (роликів), деревина подається в робочу зону подрібнення або розкрязування. В силу різних причин, як то нерівномірна вологість деревини, щільність, кривизна поверхні, різний стан шипів на роликах (гумового покриття на вальцях), в процесі роботи механізму подачі, можливе проковзування одного з вальців (роликів). Якщо гідродвигуни будуть підключені просто паралельно до гідро магістралі, то при проковзуванні одного з них, другий може взагалі зупинитися, а перший при цьому набере подвійну швидкість. Для виключення такого випадку використовують дільник потоку, який повинен виконувати свої функції і при реверсі гідродвигунів. Реверсивність дільника можна забезпечити за допомогою системи зворотних клапанів [7], або спеціальною конструкцією, як наприклад дільник застосований в харвестерній головці фірми Valmet.

Проблему синхронізації двох чи більше двигунів можна вирішити шляхом їх послідовного з'єднання. Але ця схема має суттєві недоліки тому використовується в лісозаготівельній техніці рідко. Тим не менш фінська компанія Ponss пропонує харвестерну головку Н73 [8], в якій паралельно-послідовне з'єднання чотирьох гідродвигунів з подаючими роликами гарантує непоковзуючий захват і подачу дерева діаметром до 700 мм.

Предметом нашої уваги і дослідження є гідропривід саме протягуючих валиків або валиків подачі, що застосовуються в більшості лісозаготівельних машин. На рис. 2 приведена типова принципова схема гідроприводу валиків застосовуваних в сучасних комп'ютеризованих харвестерах.

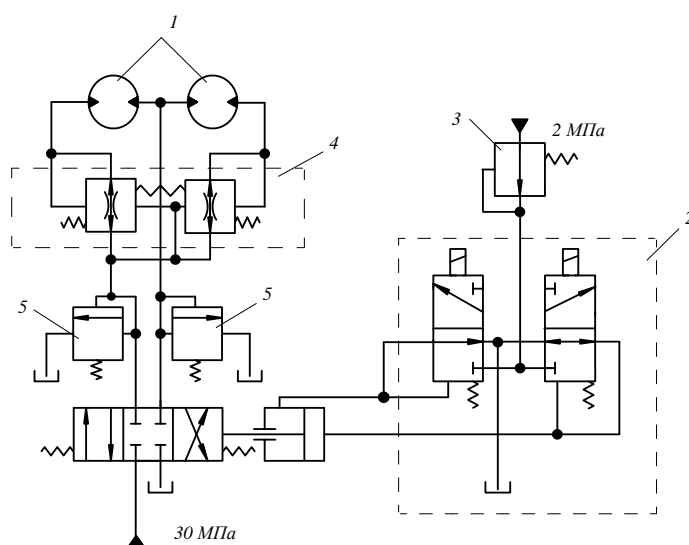


Рис. 2. Типово-принципова схема гідроприводу приводних вальців:
1 – гідро двигуни; 2 – перший каскад; 3 – редуктор; 4 – реверсивний дільник потоку; 5 – запобіжний клапан



Керування напрямком і швидкістю обертання гідродвигунів 1 виконується двокаскадним розподільником. Можливість плавного регулювання швидкості забезпечується завдяки першому каскаду 2, який працює в режимі пропорційного управління. Такий режим реалізований завдяки застосуванню спеціальних електромагнітів і спеціальної конструкції золотників з негативним зворотним зв'язком по тиску. Для роботи першого каскаду використовується знижений до 2 МПа стабільний тиск робочої рідини. Для цього в системі передбачено редуктор 3. До розподільника гідродвигуни підключаються через спеціальний реверсивний дільник потоку 4, а для захисту гідроприводу від перепадів тиску в системі передбачені запобіжні клапани 5, зазвичай найпростіші, прямої дії.

Робота саме такого приводу добре досліджена шляхом фізичного моделювання. В процесі дослідження з'ясувалося, що дільник потоку добре працював тільки в діапазоні середніх і великих швидкостей обертання гідромоторів. На малих швидкостях, що характерно для подрібнюючих машин, дільник працює погано. У зв'язку з цим запропоновано принцип управління гідромоторами, який застосовується в сучасному автомобілебудуванні. Для виключення пробуксовки одного з коліс автомобіля або його розблокування при гальмуванні використовуються системи ABS (анти блокувальна система), ESP (електронна система динамічної стабілізації автомобіля) та ін [9, 10, 11]. Сучасні приводи пневмоколісних машин оснащуються електронною системою синхронізації що включає функцію «гідралічного диференціала». В них використовують датчики частоти обертання на колесах і здвоєні регулюючі клапани для регулювання витрат двох гідродвигунів. У нашому випадку ми також встановлюємо на валах гідродвигунів датчики. Автомобільні датчики підходять для цього, як найкраще — вони добре захищені від зовнішніх впливів та дешеві. Для регулювання витрати використовуємо окремі розподільники з пропорційним управлінням для кожного гідродвигуна.

На рис. 3 наведено фрагмент блок схеми управління. Основним блоком в цій схемі є мікропроцесорний контролер 1. Як правило всі сучасні машини містять цей блок. Контролер приймає сигнал від педалі або джойстика 2 оператора і подає відповідний сигнал на електромагніти розподільників. При обертання гідромоторів за сигналами з датчиків 3 контролер коригує сигнали управління окремо для кожного двигуна, домагаючись однакової заданої швидкості обертання. Точність регулювання швидкості обертання гідродвигунів в даному випадку практично не залежить від її середнього значення. Швидкодія такої системи управління невелика, це очевидно, але також очевидно що вона і не потрібна для відомих лісозаготівельних машин. В цілому система з одного боку спрощується за рахунок виключення спеціального дільника потоку чи здвоєного регулюючого клапана, а з іншого боку ускладнюється необхідністю застосування для кожного гідродвигуна свого розподільника. Однак застосування двох однотипних елементів замість одного спеціального однозначно краще.

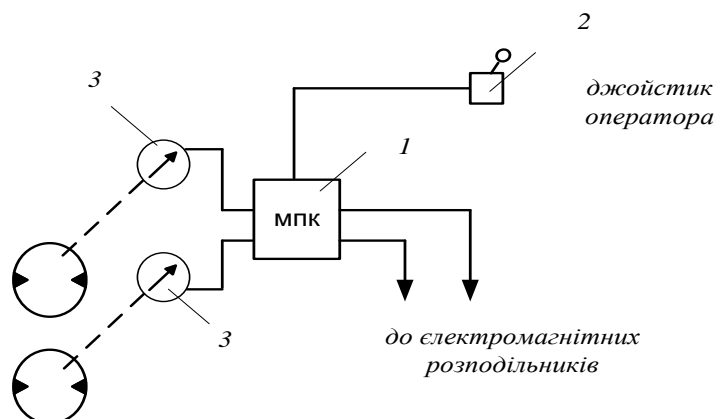


Рис. 3. Блок схема синхронізації обертання валів гідродвигунів:

1 – мікропроцесорний контролер; 2 – джойстик (педаць) керування; 3 - датчик

З вище сказаного успішність роботи такої схеми управління залежить від якості роботи пропорційного розподільника, який є посередником між комп'ютером і гідродвигуном. Сьогодні на український ринок поставляється дуже широка номенклатура сучасних якісних компонентів



об'ємного гідроприводу [13, 14]. На жаль часто ідея використання таких компонентів в вітчизняних машинах стає проблематичною коли питання торкається вартості.

За нашої участі було розроблено та виготовлено варіант розподільника у вигляді відкритої секції рис 3. Основні параметри: робочий тиск 32 МПа при умовному проході $D_y = 16$ мм. Корпус розподільника, він же гільза золотника, виконаний у вигляді паралелепіпеда що має чотири дотичних площини. Бічні площини мають наскрізні канали для подачі робочої рідини і канали зливу. Верхня площина має вихідні канали для підключення виконавчих гідродвигунів або циліндрів. Нижня не має каналів і використовується як опорна. Така конструкція вимагає з усіх боків відповідних деталей або блоків. Але при конструюванні всього гідроагрегату в кожному конкретному випадку така конструкція розподільника є дуже гнучкою і універсальною. Наприклад інші дотичні блоки можуть бути виготовлені з легких сплавів, що дасть змогу зменшити вагу агрегату в цілому. На рис 4 загальний вигляд експериментального агрегату з трьома секціями розподільників.

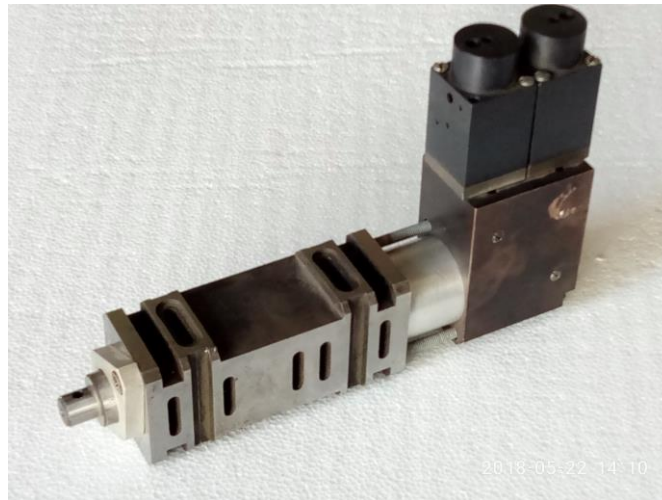


Рис. 4. Секція розподільника з пропорційним керуванням

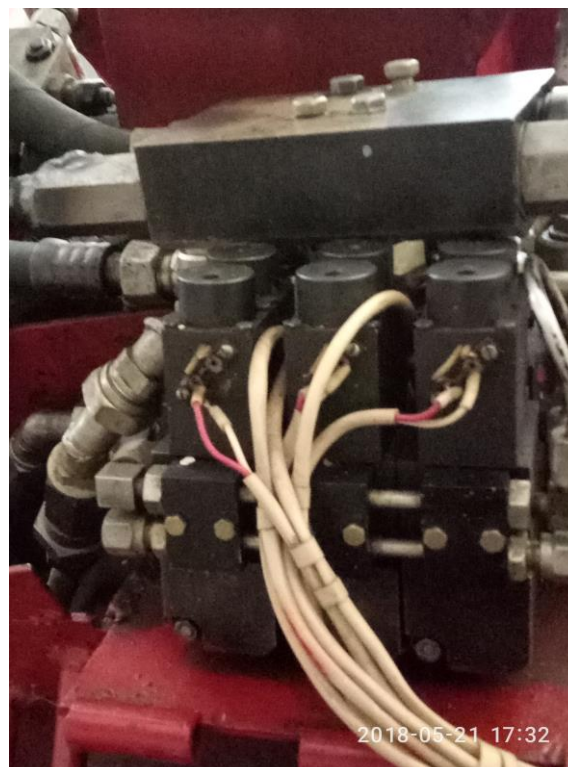
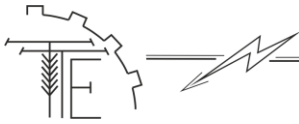


Рис. 5. Трьохсекційний блок розподільників



5. Висновки

1. Запропонована схема синхронізації двох гідродвигунів, дозволяє підвищити точність синхронізації їх швидкостей у всьому діапазоні їх роботи та спростити гідромеханічну частину приводу в цілому при незначному ускладненні електронної частини системи управління.

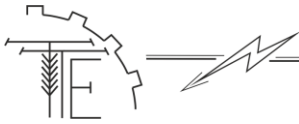
2. Конструкція розподільника (другого каскаду) у вигляді відкритої з трьох сторін секції дозволяє більш гнучко компоувати управляючі гідроагрегати з різними вимогами і наборами компонентів. Зібраний і випробуваний трьохсекційний розподільник показав досить добрі параметри навіть при використанні пропорційних електромагнітів лабораторного виробництва.

Список використаних джерел

1. Васильченко В. П. Гидропривод и средства гидроавтоматики. [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://os1/ru/artide/7155-gidroprivod-i-sredstva-gidroavtomatiki>.
2. Серета Л. П. Ефективність застосування гідропривода в машині для подрібнення деревини DP-660 при виготовленні щепи / Л.П. Серета, Ю.Б. Паладійчук, М.Б. Зінаєв // Промислова гідраліка і пневматика, 2017. - №1(55). - С. 63 – 69.
3. Кравчук В. О. Робочий орган пристрою для вторинного подрібнення деревинних відходів / В. О. Кравчук, Л. К. Поліщук. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/.../2593>.
4. Рубильная машина DP 660 E 30 кВт – СП «ОЛНОВА». [Електронний ресурс]. Режим доступу: olnova.com.ua/ru/products/rubilna-mashina-dp-660-e-30kvt/
5. Кравчук В. І. Машини і обладнання для лісового господарства: посібник / В. І. Кравчук. – К. : Харвест, 2011. – 192 с.
6. Евдокимов Б. П. Зарубежные лесные машины / Б. П. Евдокимов, А. В. Андронов, Н. М. Тетерин. – Сыктывкар: СЛИ, 2013. – 287 с.
7. Лебедев Н. И. Объемный гидропривод лесных машин: ученик / Н.И. Лебедев. – М.: МГУЛ, 2007. – 314 с.
8. Харвестерные головки Ponss – Новости деревообработки. [Електронний ресурс]. Режим доступу: wood.nestormedia.com/лесная техника.
9. ABS – 30 лет на страже жизни. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.zr.ru/content/news/34067-abs_-30 лет_na_strazhe_zhizni/
10. Снова «Альфа». [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.zr.ru/archive/zr/1984/08/v-mirje-motorov#24>
11. Боярских С. Антиблокировочная система ABS. Принцип работы / С. Боярских. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.bmwgtn.ru/carsystem/abs.php>
12. Гидрораспределители с пропорциональным управлением. [Електронний ресурс]. Режим доступу: cdmteh.ru/gidroraspredelitel_proporsionalnoe_upravlenie.html
13. Пропорциональные электромагниты. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://studfiles.net/preview/6218464/pag:2/>

References

- [1] Vasilchenko, V. *Gidroprivod i sredstva gidroavtomatiki [Hydraulic drive and means of hydraulic automatics]*. [Online]. Available at: <https://os1/ru/artide/7155-gidroprivod-i-sredstva-gidroavtomatiki> [in Russian].
- [2] Sereda, L. P., Paladiychuk, Y. B., Zinaev, M.B. (2017). *Efekty`vnist` zastosuvannya gidropry`voda v mashy`ni dlya podribnennya derevy`ny` DP-660 pry` vy`gotovleni shhepy` [The effectiveness of the hydraulic drive in a machine for wood grinding DP-660 for the manufacture of chips]*, 1 (55), 63 – 69. *Promy` slova gidravlika i pnevmaty`ka - Industrial hydraulics and pneumatics* [in Ukrainian].
- [3] Kravchuk, V.O., Polishchuk, L.K. *Robochy`j organ pry`stroju dlya vtory`nnogo podribnennya derevy`my`x vidxodiv [The working organ of the device for the secondary shredding of wooden waste]*. [Online]. Available at: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/.../2593>. [in Ukrainian].
- [4] *Cutting machine DP 660 E 30 kW - Joint Venture OLNOVA. [Rubil'naja mashina DP 660 E 30 kVt – SP «OLNOVA»]*. [Online]. Available at: olnova.com.ua/ru/products/rubilna-mashina-dp-660-e-30kvt/ [in Russian].



- [5] Kravchuk, V.I. (2011). *Mashy`ny` i obladnannya dlya lisovogo gospodarstva [Machinery and equipment for forestry: manual]*. Kyiv : Harvest [in Ukrainian].
- [6] Evdokimov, B. P., Andronov, A. V., Teterin, N. M. (2013). *Zarubezhnye lesnye mashiny [Foreign forestry machines]*. Syktyvkar : SLI [in Russian].
- [7] Lebedev, N. I. (2007). *Obyemnyj gidroprivod lesnyh mashin: uchenik [Volumetric hydraulic drive of forest machines: textbook]*. Moscow : MSFU [in Russian].
- [8] *Harvesternye golovki Pons – Novosti derevoobrabotki [Pons Harvester Heads – Woodworking News]*. [Online]. Available at: wood.nestormedia.com> forest machinery [in Russian].
- [9] *ABS – 30 let na strazhe zhizni [ABS - 30 years on the guard of life]*. (2008). [Online]. Available at: https://www.zr.ru/content/news/34067-abs_-_30_let_na_strazhe_zhizni/ [in Russian].
- [10] *Snova "Alfa" [Again "Alfa"]*. (1984). [Online]. Available at: <https://www.zr.ru/archive/zr/1984/08/v-mirrie-motorov#24> [in Russian].
- [11] Boyarskikh, S. *Antiblokirovochnaja sistema ABS. Princip raboty [ABS anti-lock braking system. Principle of operation]*. [Online]. Available at: <http://www.bmwgt.ru/carsystem/abs.php> [in Russian].
- [12] *Gidroraspredeliteli s proporcional'nym upravleniem [Hydraulic distributors with proportional control]*. [Online]. Available at: cdmteh.ru/gidroraspredelitel_proporcionalnoe_upravlenie.htm [in Russian].
- [13] *Proporcional'nye jelektromagnity [Proportional electromagnets]*. [Online]. Available at: <https://studfiles.net/preview/6218464/pag:2/1> [in Russian].

ГИДРОПРИВОДЫ В СИСТЕМАХ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ

В статье проведен анализ современных машин для измельчения древесины, в котором рассмотрены машины с использованием объемного гидропривода. Предложена схема синхронизации двух гидромоторов без использования делителя потока, а также разработан и изготовлен секционный распределитель с пропорциональным управлением.

Рис. 5. Лит. 13.

HYDRODRIVES IN SYSTEMS OF CRUSHING OF WOOD

The publication is devoted to the analysis of modern machines for wood shredding operations using a volumetric hydraulic drive. A scheme of synchronization of two hydraulic motors without the usage of the flow divider is proposed, as well as sectional distributor with proportional control is developed and manufactured.

Fig. 5. Lit. 13.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Гулько Ірина Василівна – кандидат технічних наук, проректор з науково-педагогічної та навчальної роботи Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, email: maniy@ukr.net).

Кравець Світлана Миколаївна – асистент кафедри «Двигунів внутрішнього згорання та альтернативних паливних ресурсів» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, email: swkravec@ukr.net).

Гулько Ирина Васильевна – кандидат технических наук, проректор по научно-педагогической и учебной работе Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, email: maniy@ukr.net).

Кравец Светлана Николаевна – ассистент кафедры «Двигателей внутреннего сгорания и альтернативных топливных ресурсов» Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, email: swkravec@ukr.net).

Iryna Gunko – PhD, Vice-Rector for Scientific and Pedagogical and Educational Work of Vinnytsia National Agrarian University (3, Solnychna St., Vinnytsia, 21008, Ukraine, email: maniy@ukr.net).

Svetlana Kravets – Assistant of the Department "Internal Combustion Engines and Alternative Fuel Resources" of the Vinnytsia National Agrarian University (3, Solnyschna St., Vinnytsia, 21008, Ukraine, email: swkravec@ukr.net).