

УДК 621.225:69.002.51:630.38

**ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ СИСТЕМИ ГІДРОФІКОВАНИХ  
МАШИН ЛІСОВОГО КОМПЛЕКСУ**

**Холодов А.П., к.т.н., доц.<sup>1)</sup>, Літовка С.В., к.т.н., доц.<sup>2)</sup>**

*(<sup>1)</sup> Харківський національний автомобільно-дорожній університет; <sup>2)</sup> Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка)*

*Наведено обґрунтування використання гідроакумуючої системи на гідрофікованих машинах лісового комплексу на прикладі екскаватора. Описано алгоритм роботи машини з гідроакумуючою системою.*

**Вступ.** Ефективний розвиток паливно-енергетичного комплексу країни вимагає проведення у всіх галузях економіки активної та цілеспрямованої роботи з економії паливно-енергетичних ресурсів та широкого використання поновлювальних джерел енергії.

Окремі підприємства лісового комплексу не великі, але через їхню численність сумарне споживання паливно-енергетичних ресурсів в галузі значне. У зв'язку з цим, створення енергоефективних машин лісового комплексу – є актуальним і перспективним напрямком.

**Аналіз публікацій.** На сьогодні найбільш важливими вимогами що висуваються до машин і техніки загалом, є економічність і продуктивність. Забезпечити дані вимоги можна шляхом використання акумуляторів енергії. За своєю будовою акумулятори, які пропонуються до використання в машинобудуванні, можуть бути об'єднані в наступні групи: механічні (вантажні, пружинні та ін.) [5, 6]; гідравлічні [7, 8]; пневматичні [5]; електричні; хімічні і теплові акумулятори [1]. Однак для гідрофікованих машин лісового комплексу, найбільш доцільно встановлювати гідропневматичний акумулятор (ГПА), який простий по конструкції, компактний і зручний в експлуатації автономних гідросистем [7, 8, 9].

**Метою роботи** є підвищення ефективності машин лісового комплексу за рахунок акумулювання енергії, накопиченої в гідроакumuлюючій системі на холостому ході машини, для збільшення продуктивності за рахунок зниження тривалості циклу і зниження витрати палива за рахунок використання накопиченої енергії на навантажених режимах роботи.

**Основна частина.** Для визначення ефективності застосування гідроакumuлюючої системи на основі гідропневоакumuляторів на екскаваторі було проведено теоретичні дослідження.

У цьому випадку потужність двигуна представляється як потужність, що витрачається на трансмісію машини і потужність, що витрачається на гідросистему.

$$N_{\text{ДВЗ.коп}} = N_{\text{тр}} + N_{\text{гс}}, \quad (1)$$

де  $N_{\text{тр}}$  – потужність, що витрачається на трансмісію;  $N_{\text{гс}}$  – потужність, що витрачається на гідросистему.

Потужність, яку необхідно передати в гідросистему при копанні:

$$N_{\text{гс}} = R_{\text{Ц,з}} J_{\text{ш}}, \quad (2)$$

де  $J_{\text{ш}}$  – швидкість переміщення штока гідроциліндра, м/с.

Оскільки отримана потужність  $N_{\text{гс}}$  повинна підтримуватися протягом всього часу копання  $t_{\text{коп}}$  ґрунту, то одержуємо енергію, яку необхідно витратити гідросистемі на операцію копання:

$$E_{\text{ак}} = N_{\text{гс}} t_{\text{коп}}. \quad (3)$$

Отриману енергію можна накопичувати в ГПА під час переміщення екскаватора по робочій ділянці, а також під час роботи екскаватора (наприклад під час повертання на поворотній платформі) і повертати в гідросистему на етапі копання. Це дозволить знизити встановлену потужність двигуна до рівня, необхідного на переміщення машини, що приведе до зниження витрат палива.

У режимі переміщення екскаватора його ДВЗ використовує лише незначну частку потужності для забезпечення роботи механізму переміщення. Пропонується акумулювання частки потужності ДВЗ шляхом перетворення в гідравлічну енергію за рахунок накопичення її в гідропневмоакумуляторі.

Потужність, що накопичується в ГПА під час холостого ходу:

$$N_{з.ак} = Q_{н.а} p_{н.а} , \quad (4)$$

де  $Q_{н.а}$  – подача рідини на виході гідронасоса в режимі переміщення екскаватора в період підключення гідронасоса до ГПА;  $p_{н.а}$  – тиск рідини на виході гідронасоса в режимі переміщення екскаватора в період зарядки гідропневмоакумулятора.

Накопичена енергія, яка акумулюється в ГПА при умовно лінійній закономірності, визначається за формулою, кВт·с:

$$E_{ак} = 0,5N_{з.ак} t_{хх} . \quad (5)$$

Раціональне використання накопиченої енергії можливе на етапі копання ґрунту. У цьому випадку потужність ДВЗ буде витрачатися тільки на трансмісію, а гідросистема буде використовувати енергію ГПА.

При використанні гідроакумулюючої системи в робочому циклі екскаватора відбудеться перерозподіл потоків енергії (рис. 1) і зміниться поетапна витрата потужності двигуна (рис. 1).

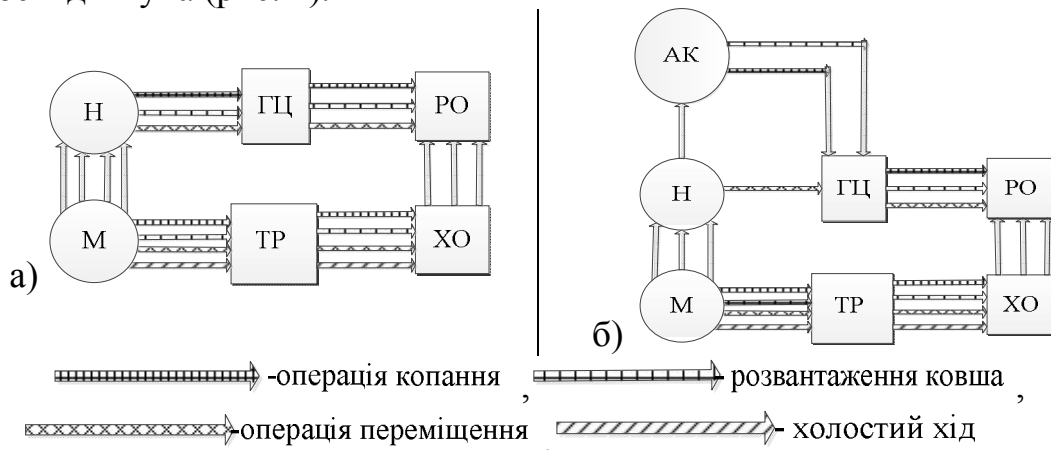


Рисунок 1. Схема потоків енергії силової установки екскаватора під час робочого циклу: а - без гідроакумулюючої системи; б - з гідроакумулюючої системою; М - двигун, Н - насос, ТР - трансмісія, ГЦ - гідроциліндри, РО - робоче обладнання, ХО - ходове обладнання

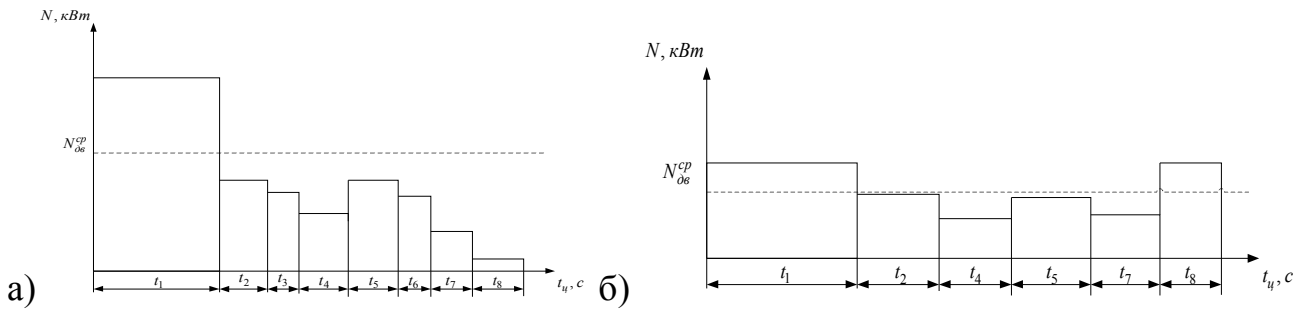


Рисунок 2. Діаграма розподілу середньої потужності силової установки екскаватора при копанні ґрунту протягом циклу: а - без гідроакумулюючої системи; б - з гідроакумулюючої системою;  $t_1$  - копання ґрунту;  $t_2$  - розгін платформи при повороті на вивантаження;  $t_3$  - рівномірний рух при повороті на вивантаження;  $t_4$  - гальмування платформи при повороті на вивантаження;  $t_5$  - розгін платформи при повороті у вибій;  $t_6$  - рівномірний рух при повороті в забій;  $t_7$  - гальмування платформи при повороті у вибій;  $t_8$  - опускання робочого обладнання

Найбільш навантаженим режимом роботи - є процес копання, під час якого витрати потужності можуть досягати рівня максимальної потужності двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ).

В режимі холостого ходу екскаватора його ДВЗ використовує лише незначну частку потужності для забезпечення роботи механізму переміщення. Пропонується акумулювання частки потужності ДВЗ шляхом перетворення в гідравлічну енергію за рахунок накопичення її в ГПА.

Енергію  $E_{ак.к}$  в період копання ґрунту необхідно використати з ГПА такої величини, яка безпосередньо використовується гідросистемою екскаватора і її можна визначити за формулою:

$$E_{ак.к} = (N_{коп} - N_{пер})t_{коп}, \quad (6)$$

Таким чином для ідеальної технічної системи виконується умова:

$$E_{ак.к} = E_{ак}, \quad (7)$$

На рисунку 3 представлено гідравлічну схему екскаватора ЕО-4225А-07 з системою акумулювання енергії.

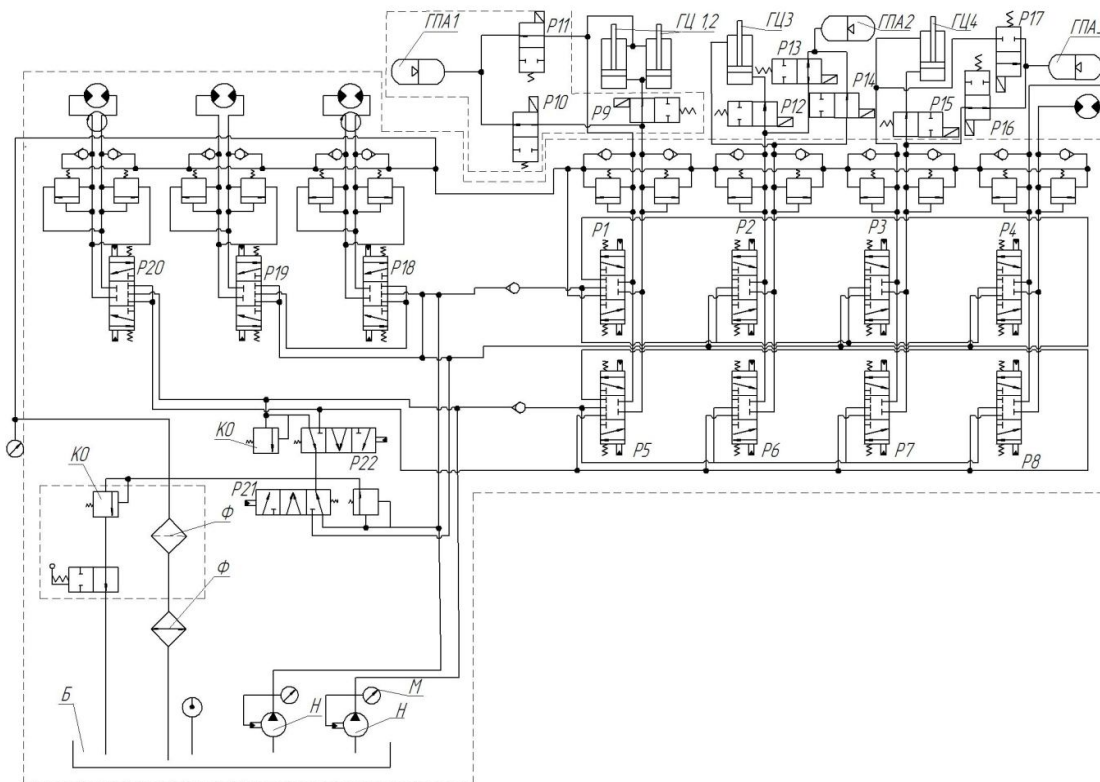


Рисунок 3. Удосконалена гідравлічна схема екскаватора

Гідроаккумулятори встановлені на екскаваторі мають можливість заряджатися 3-ма способами. Перший – при переміщенні екскаватора по робочій ділянці. Другий – під час повороту екскаватора на поворотній платформі від забою до місця розгрузки. Третій – під час роботи екскаватори коли робоча рідина з гідроциліндрів виходить під тиском. Далі представлено опис робочого циклу екскаватора з використанням гідроаккумуляторів.

Початок роботи екскаватора починається з опускання стріли, тому якщо гідроаккумулятор заряджений рідина через розподільники P1 і P9 потрапляє до баку, якщо гідроаккумулятор розряджений то робоча рідина через розподільник P11 потрапляє до гідроаккумулятора ГПА1. Далі починається операція копання, і робоча рідина з гідроаккумуляторів ГПА2 і ГПА3 поступає через розподільники P13, P16 до гідроциліндрів ковша і рукояті. Після операції копання знов працює гідроциліндр стріли на підйом, через розподільники P10 і P9 рідина з гідроаккумулятора ГПА1 потрапляє до гідроциліндрів стріли. Далі екскаватор повертається на поворотній платформі до місця розгрузки, в цей час через клапани P2, P3 і P13, P16 заряджаються гідроаккумулятори ГПА2 і ГПА3. При розвантаженні ковша робоча рідина потрапляє до гідроциліндрів ковша і стріли через розподільники P17 і P14 з гідроаккумуляторів ГПА2 і ГПА3. Після розгрузки ковша екскаватор знов повертається на поворотній платформі до забою, в цей час система виявляє на скільки треба підзарядити гідроаккумулятори ГПА2 і ГПА3 і дозаряджає їх під час повороту екскаватора до робочого місця. Далі екскаватор опускає стрілу і цикл повторюється до кінця зміни. В кінці зміни коли екскаватор

закінчує свою роботу вся робоча рідина в гідроаккумуляторах ГПА1, ГПА2, ГПА3 зливається через розподільники Р10 і Р1, Р13 і Р2, Р16 і Р3 до баку.

Розроблена система повинна працювати за визначеним алгоритмом який наведено на рисунку 4.



Рисунок 4. Алгоритм роботи екскаватора з системою акумулювання енергії

На початку роботи (першому циклі), при першій операції копання ґрунту гідропневмоакумуляторний блок порожній що обумовлено мірами безпеки, бо по

закінченні робочої зміни оператор повинен виконати скидання тиску в гідросистемі. Тому перший цикл екскаватор виконує без використання додаткової енергії. Але вже на режимі холостого ходу (повернення у вихідне положення) виконується зарядка гідроакумулятора. І наступний цикл буде виконуватися з використанням накопиченої енергії. Такий алгоритм і буде виконуватися до закінчення робочої зміни.

**Висновки.** Представлено схему потоків енергії екскаватора з гідроакумуляуючою системою протягом робочого циклу, суть перерозподілу потоків енергії в ДВЗ полягає в тому, що частина енергії на транспортному режимі акумулюється в гідроакумуляуючій системі, минаючи рушій, а на режимах копання – накопичена енергія повертається в загальний енергопотік, включаючи привід рушій. Встановлено, що застосування гідроакумуляуючих систем на основі гідропневмоакумуляторів дозволяє знизити встановлену потужність силової установки

### Список літератури

1. Хмара Л. А. Применение аккумуляторов потенциальной энергии в строительных машинах (на примере одноковшового экскаватора) / Л. А. Хмара / Строительство. Материаловедение. Машиностроение: Сб. науч. тр. Интенсификация рабочих процессов строительных и дорожных машин. – Днепропетровск: ПГАСА, – 2005. – Вып. 33. – С.17–33.
2. Хмара Л.А. Повышение эффективности бульдозеров путем использования гидроаккумулирующей системы / Л.А. Хмара, А.П. Холодов // Строительные и дорожные машины – 2012 – № 3 – С. 33 – 37.
3. Хмара Л.А. Экспериментальные исследования гидроаккумулирующей системы / Л.А. Хмара, А.П. Холодов, А.В. Ярыжко // Сб. науч. тр.: Строительство. Материаловедение. Машиностроение. – № 63– Днепропетровск: ВГУЗ ПГАСА, 2011. – С. 69 – 78.3. Гулиа Н.В. Удивительная механика. В поисках «энергетической капсулы» / Н.В. Гулиа – Издательство: НЦ ЭНАС, 2006. – 176 с.
4. Гулиа Н. В. Инерционные двигатели для автомобилей. / Н.В. Гулиа – М.: Транспорт, 1974. – 64 с.
5. Волоцкий В.М. Гидроприводы машин и их оборудование. Учебный курс. / В.М. Волоцкий. – Х.: Гидроэлекс, 1995. – 156 с.
6. Использование принципа аккумуляирования энергии в системе управления землеройно-транспортной машины / Т.В. Алексеева, Ю.В. Ремизович, В.Г. Шерман // Исследования и испытания дорожных и строительных машин: Сб. науч. работ СибАДИ. – 1969. – Вып. 1. – С. 70–75.
7. Щербаков В.Ф. Рекуперативная система привода гидropодъёмных машин / В.Ф Щербаков // Строительные и дорожные машины.– 2008.– № 9.– С. 49-51
8. Щербаков В.Ф. Энергосберегающие гидроприводы строительных и дорожных машин / В.Ф Щербаков // Строительные и дорожные машины.– 2011.– № 10.– С. 1–2.

**Аннотация**

**ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ СИСТЕМЫ ГИДРОФИЦИРОВАННЫХ  
МАШИН ЛЕСОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА**

Холодов А.П., Литовка С.В.

*Приведено обоснование использования гидроаккумулирующей системы на гидрофицированных машинах лесного комплекса на примере экскаватора. Описан алгоритм работы машины с гидроаккумулирующей системой.*

**Abstract**

**ENERGY ACCUMULATION SYSTEMS FOR FOREST  
MACHINES WITH HYDRAULIC DRIVE**

A.Kholodov, S.Litovka

*The substantiation of the use of pumped storage system hydroficated machine of forestry complex on an example of the excavator. An algorithm for the machine with pumped-storage system.*

Рецензент: д.т.н., професор Войтов В.А.