

УДК 621.225:69.002.51

М.П. Ремарчук, д-р техн. наук,  
А.П. Холодов,

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

## УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ПОВЕРНЕННЯ ЕНЕРГІЇ В ГІДРОСИСТЕМУ БУЛЬДОЗЕРА ПРИ РІЗАННІ ГРУНТУ

*Рассматривается процесс возврата накопленной энергии и его обеспечение при использовании энергосберегающей гидросистемы бульдозера.*

*The process of return of the accumulated energy and his providing are examined at the use of energy-saving hydraulic system of bulldozer.*

### Вступ

Використання досконалих сучасних елементів системи створюють надійну і просту для людини у використанні. При цьому кількість елементів системи має бути як найменша.

Енергозберігаюча система бульдозера [1, 2] має два режими роботи: накопичення енергії і її повернення в систему. Щодо процесу накопичення енергії, його забезпечення не викликає особливих труднощів [3, 4] за винятком того, що час зарядки гідропневмоакумулятора (ГПА) повинен дорівнювати часу холостого ходу бульдозера [2], а тиск зарядки повинен бути більшим, ніж у газовій порожнині ГПА. Процес повернення енергії є складним, через те що режим роботи машини змінюється: відстань різання ґрунту з кожним циклом може змінюватись, щільність ґрунту теж змінна [5, 6]. Тому система повинна регулювати об'єм енергії, що повертається у гідросистему при кожному циклі [7, 8]. Процес проектування такої системи викриває низку не вирішених задач, пов'язаних з вибором апаратури і алгоритмом роботи системи.

### Мета і задачі дослідження

Метою дослідження є забезпечення процесу повернення накопиченої енергії в лабораторних умовах. Для досягнення мети слід вирішити наступні задачі:

- удосконалити гідросистему стенда для дослідження процесу повернення енергії з ГПА до виконавчого обладнання;
- розробити алгоритм роботи системи для повернення енергії в гідросистему бульдозера.

### Рішення задач

Для випробування було створено стенд на базі розробленої гідросхеми бульдозера, представленої на рис. 1. Тобто схема стенда (рис. 2) відповідно до розробленої енергозберігаючої схеми бульдозера має ГПА, виконуючий механізм, регулюючі пристрої — гідророзподільники.

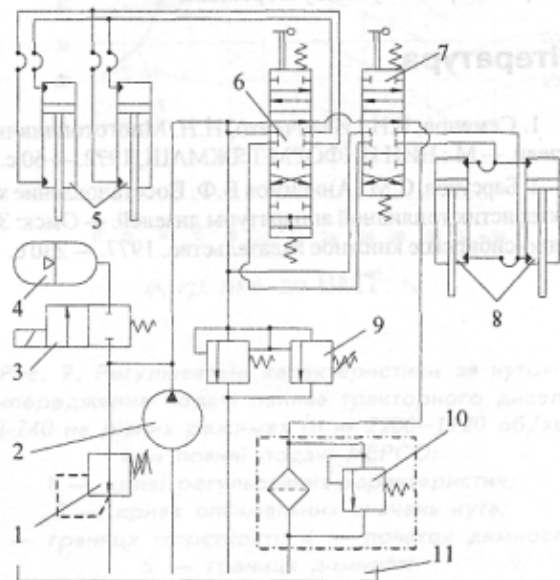


Рис. 1. Гідравлічна схема з системою акумулювання енергії.

Гідроциліндри підйому-опускання відвалу 5 (рис. 1) і гідроциліндри управління перекосом відвалу за допомогою рукавів високого тиску сполучені з гідросистемою трактора, що містить бак 11, шестерений насос 2 (НШ-98), трьохпозиційний розподільник 7, запобіжний клапан 9 та фільтр 10. Традиційна гідросистема бульдозера доповнена гідросистемою акумулювання енергії, яка включає гідропневмоакумулятор 4, редуційний клапан 1 і гідророзподільник 3.

На стенді зовнішнє навантаження на гідроциліндр 9 моделюється за допомогою вантажної корзини 12 та чотирьохкратного поліспасти 10. Для визначення зовнішнього зусилля встановлено динамометр 11. На стенді встановлено регульований насос, налаштований на тиск у 4,5 МПа. Цей тиск дозволяє заряджати ГПА 6, у газовій камері якого нульовий тиск дорівнює 4 МПа, робочий об'єм 5 л. Тиск у газовій камері контролюється маномет-

ром 7, на вході ГПА манометром 5 і на виході насоса — 3. Насос приводиться від електродвигуна 2. Трьохпозиційний гідророзподільник 4 забезпечує зарядку ГПА. Після зарядки ГПА відбувається процес повернення енергії в систему на виконання корисної роботи. При цьому робоча рідина через регулятор потоку 16, який забезпечує регулювання швидкості підняття вантажу, і гідророзподільник 15 потрапляє в штокову порожнину гідроциліндра. Злив відбувається через ручний гідророзподільник 14 і регулятор потоку 17, який регулює швидкість опускання вантажу.

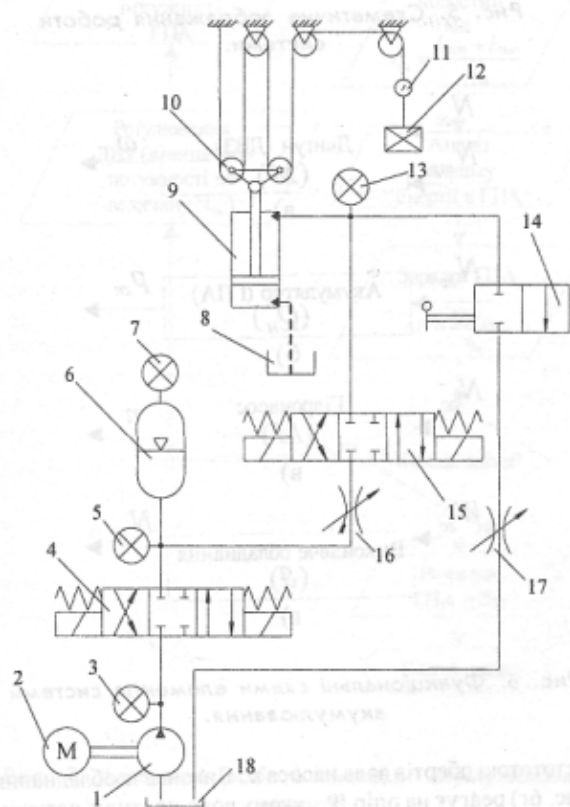


Рис. 2. Гідравлічна схема станда для дослідження процесів акумулювання енергії.

На рис. 3 показано загальний вид лабораторного станда для акумулювання гідравлічної енергії (позиції відповідають рис. 2).

Мета експерименту — всебічне, достовірне вивчення структури запропонованої системи, її характеристик, зв'язків на основі розроблених наукою принципів і методів пізнання, а також отримання корисних для діяльності людини результатів, впровадження у виробництво з подальшим ефектом.

Проведення експерименту в лабораторних умовах дозволяє, по-перше, виключити дію чинників, що вплива-

ють на функціонування гідропривода, але не визначають його технічний стан, по-друге, створити близький до експлуатаційного стабільний режим роботи, по-третє, легко регулювати масу вантажу і швидкість його підйому і опускання.

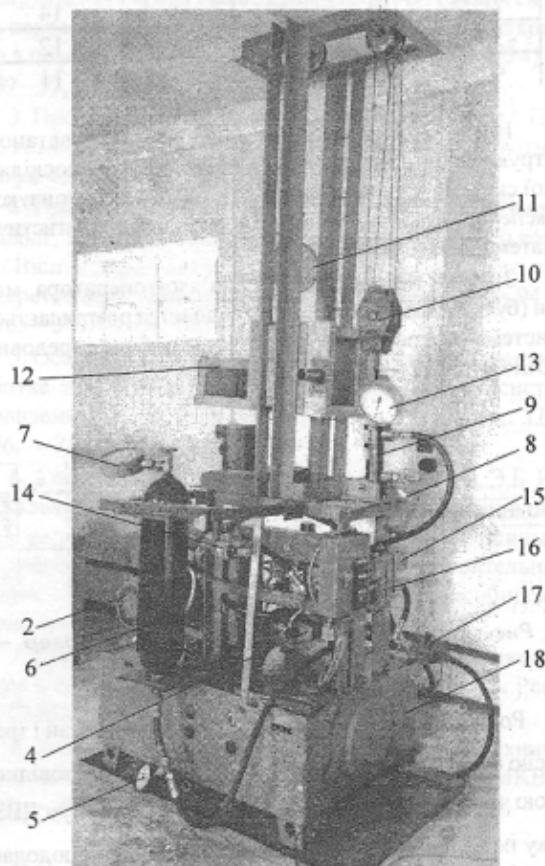


Рис. 3. Загальний вигляд станда для дослідження процесів акумулювання енергії.

#### Методика дослідження

Датчики тиску (манометри або вимірювальний комплекс) монтуються на наступних ділянках: у напірній і зливній магістралях досліджуваної гідросистеми, в акумуляторному блоці (див. рис. 2, 3), що дозволяє судити про зміни тиску в системі.

Для визначення середнього часу живлення і розрядки гідропневмоакумулятора необхідно провести виміри часу за різної ваги вантажу.

Провести аналіз співвідношення тиску в газовій порожнині акумулятора і тиску в робочій порожнині гідроциліндра.

Головними параметрами, які досліджувались, є тиск у системі, середній час зарядки і розрядки ГПА. Дані експериментальних досліджень наведено в таблиці 1.

Таблиця 1  
Експериментальні данні

№ опит	Маса вантажу, кг	Час розрядки ГПА, с	Кількість підйомів, раз
1	50	20	15
2	70	17	14
3	90	14	12
4	110	11	11

На підставі системного аналізу можна встановити структурно-логічні зв'язки між елементами досліджуваної системи, спираючись на комплекс загальнонаукових, експериментальних, природничо-наукових, статистичних, математичних методів [5].

Завдяки вищенаведеному зв'язок оператора, машини (бульдозера), і робочого середовища розглядається як система «оператор — бульдозер — робоче середовище» (ОБРС) (рис. 4).



Рис. 4. Система «оператор — бульдозер — робоче середовище».

Робоче середовище впливає на робочий орган і трансмісію бульдозера зусиллями  $W_{кон}$  і  $W_{пер}$  відповідно. У свою чергу оператор повинен установити двигун ДВЗ на таку потужність  $N_{ДВЗ}$ , щоб її вистачило на подолання зусилля  $W_{кон}$  і  $W_{пер}$ , враховуючи потреби трансмісії на пересування  $N_{пер}$ , а також потреби гідросистеми  $N_{гс}$  для передачі потужності  $N_{кон}$  для заглиблення робочого органу.

У загальному вигляді процес автоматичної стабілізації навантаження дизельного двигуна бульдозера в робочому циклі можна представити, як показано на рис. 5, на якому скорочення САК відповідає системі автоматичного керування.

Розглянемо складові системи акумулювання енергії, що показано на рис. 6 як об'єкти регулювання.

Для двигуна (рис. 6а) вхідними параметрами є сума потужності, необхідної гідросистемі  $N_{гс}$ , і потужності необхідній трансмісії. Цю потужність можна контролювати за кутовою швидкістю вала ДВЗ  $\omega$ . Для ГПА (рис. 6б) входом є потужність гідросистеми  $N_{гс}$ , яку можна контролювати за тиском у газовій камері ГПА  $p_{гк}$ . Гідронасос (рис. 6в) розвиває потужність  $N_{гс}$ , яка контролюється за

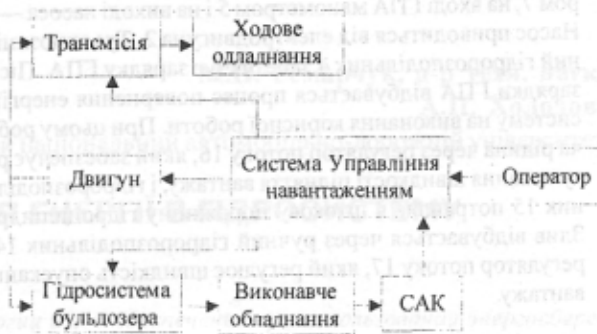


Рис. 5. Схематичне зображення роботи системи.



Рис. 6. Функціональні схеми елементів системи акумулювання.

частотою обертів вала насоса  $n$ . Виконавче обладнання (рис. 6г) реагує на опір  $W_{гс}$ , якому воно протидіє потужністю  $N_{гс}$ .

Алгоритм роботи системи починається з включення ДВЗ. Далі виконується операція копання без застосування ГПА. Під час холостого ходу виконується зарядка ГПА. Наступним кроком робочий цикл починається спочатку. Але вже з використанням накопиченої енергії. При цьому ДВЗ працює лише на трансмісію.

Далі під час холостого ходу система автоматично аналізує залишок енергії в акумуляторі і знову заряджається ГПА. Цикл виконується знову. По закінченні зміни, з метою безпеки оператор повинен розрядити ГПА. Графічно алгоритм зображено на рис. 7.

Література

1. Демішкан, В.Ф., Нічке, В.В. Підвищення якості землерийно-транспортних машин удосконаленням робочого процесу. — Харків: ХНАДУ, 2007. — 272 с.
2. Ремарчук, М.П., Холодов, А.П., Ковальова, Я.А. Результати дослідження навантаження гідрофікованих силових передач у лабораторних умовах // Промислова гідравліка і пневматика. Вінниця: ВДУ — 2009. — №2(24) — С. 89—92.
3. Проектирование машин для земляных работ // Под ред. А.М. Холодова. — Х.: Вища шк. изд. при Харьковском. ун-те, 1986. — 272 с.
4. Ремарчук, М.П., Холодов, А.П., Чмуж, Я.В. Байрамшвілі, Т.Т. Энергозбереження в гідросистемі бульдозера // Вісник Харківського нац. техн. ун-ту сільського господарства ім. П. Василенка. — Харків: 2010. — № 94 — С. 385—392.
5. Основы системного подхода и их приложение к разработке территориальных автоматизированных систем управления / Под ред. Ф.И. Перегудова. — Томск: ТГУ, 1976. — 244 с.
6. Алексеева, Т.В., Ремизович, Ю.В., Шерман, Э.Б. Использование принципа аккумуляции энергии в системе управления землеройно-транспортной машины // Исследования и испытания дорожных и строительных машин. Сб. науч. тр., Вып. I. — Омск: Западносибирское книжное изд-во, Омское отд., 1969. — С. 70—75.
7. Дрекслер, П., Фаатц, Х., Файхт, Ф. и др. Проектирование и сооружение гидроустановок / Маннесман Рексрот ГМБХ, Лор на Майне/ФРГ. — 376 с.
8. Холодов, А.М., Руднев, В.К., Гарнец, В.Н. Технические основы создания машин: Учеб. — К.: УМКВО, 1992. — 360 с.

Надійшла 28.09.2010 р.

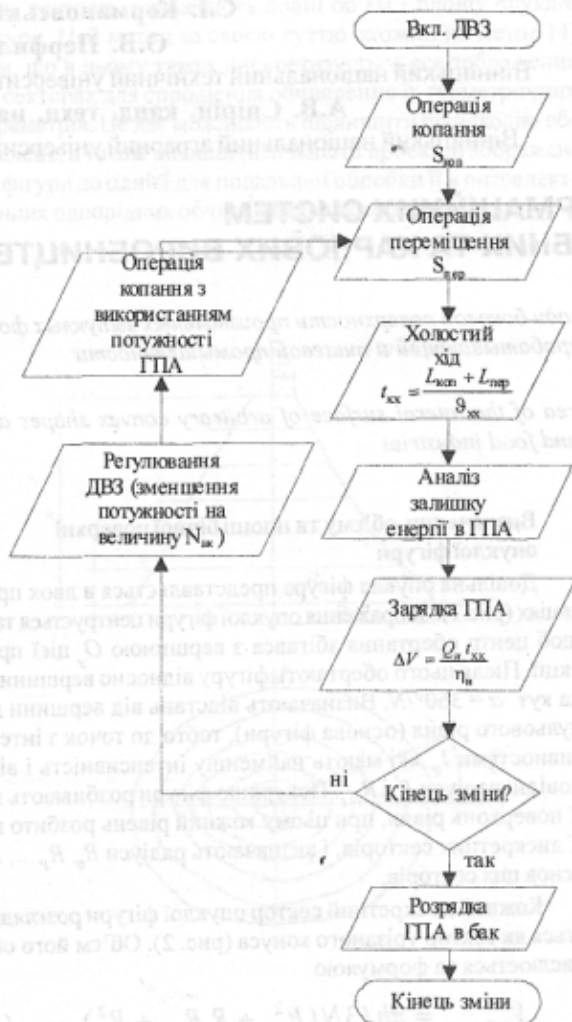


Рис. 7. Алгоритм роботи системи акумулювання енергії

Висновки

Удосконалення гідросхеми стенда забезпечує процес повернення накопиченої енергії із ГПА до гідроциліндра. Проведені експериментальні дослідження підтвердили працездатність системи. Тривалість витрати накопиченої енергії залежить від рівня зовнішнього навантаження. На основі проведених досліджень складено алгоритм роботи системи акумулювання енергії для бульдозера.

Подальшими напрямками розвитку є розробка системи автоматичного керування процесом накопичення і повернення гідравлічної енергії на основі створеного алгоритму.