

Л. А. ХМАРА, докт. техн. наук.

*Государственное высшее учебное заведение
«Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры»*

А. П. ХОЛОДОВ, асс.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

ИСПЫТАНИЯ БУЛЬДОЗЕРА С СИСТЕМОЙ АККУМУЛИРОВАНИЯ ЭНЕРГИИ

Введение. В настоящее время, в эпоху прогрессирующего энергетического кризиса все больший интерес вызывает возможность аккумулирования энергии. Существуют следующие виды аккумулирующих систем [1, 2, 3, 4, 11, 12, 13]: гидроаккумулирующие станции; тепловые аккумуляторы; аккумулирование энергии с помощью сжатого воздуха; батареи; маховики; аккумуляторы на сверхпроводниках; суперконденсаторы; плазмоидные аккумуляторы.

В гидросистемах машин широкое применение получили гидропневмоаккумуляторы. Благодаря использованию гидропневмоаккумуляторов решается широкий спектр вопросов таких как: снижение установочной мощности насосов; обеспечение разгрузки насосов, когда для питания потребителей достаточным источником энергии является сам аккумулятор[1, 5, 9, 10].

Также повышения эффективности работы машины не рекомендуется перегружать первичный двигатель по тяге, т.к. это увеличивает износ деталей двигателя и других узлов машины [2, 6, 7].

Вышеперечисленные вопросы применительно к гидрофицированным землеройно-транспортным машинам можно решить путем перераспределения энергии в их рабочем цикле, разгружая двигатель на нагруженных режимах работы, например, копании, используя энергию, накопленную на менее нагруженных режимах, например обратном ходе - для бульдозеров, повороте платформы - для экскаваторов, а также на холостых режимах работы [3, 6]. Таким образом циклограмма рабочего цикла бульдозера в общем виде будет иметь вид (рис.1.) [7].

Наиболее близкими к данной проблеме являются работы проф. Алексеевой Т.В. в которых утверждается, что применение принципа аккумулирования энергии позволяет обеспечить более равномерную загрузку двигателя во времени за счет использования холостых ходов для накопления энергии [6].

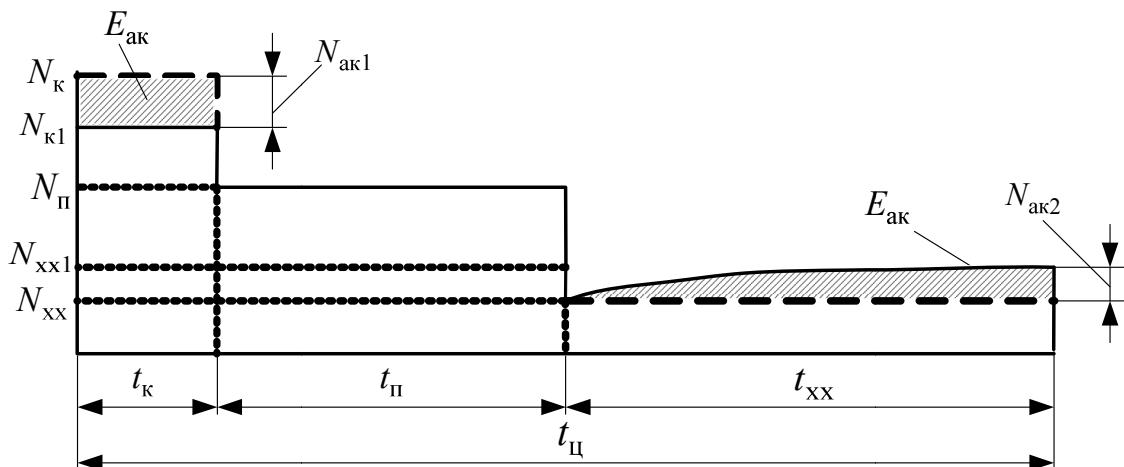


Рис.1. Циклограмма рабочего цикла бульдозера: N_k N_{k1} – мощности затрачиваемые при копании без использования аккумуляторной системы и с ее использованием; N_{π} - мощности затрачиваемые при перемещении призмы грунта; N_{xx} N_{xx1} - мощности затрачиваемые при холостом ходе без использования аккумуляторной системы и с ее использованием; $N_{ак}$, $E_{ак}$ – мощность и энергия, которую затрачивает аккумулятор при копании грунта; $N_{ак1}$, $E_{ак1}$ – мощность и энергия, которую необходимо саккумулировать на холостом ходу до полной зарядки аккумулятора; t_k , t_{π} , t_{xx} , t_{Π} - время копания, перемещения, холостого хода и цикла.

На рис.1. сплошной линией представлен цикл бульдозера с системой аккумулирования энергии, пунктирной – без аккумулирующей системы.

На базе лаборатории гидравлики Харьковского национального автомобильно-дорожного университета были проведены испытания бульдозера ДЗ-42Г на базе трактора ДТ-75 с системой аккумулирования и возврата гидравлической энергии (рис.1.).

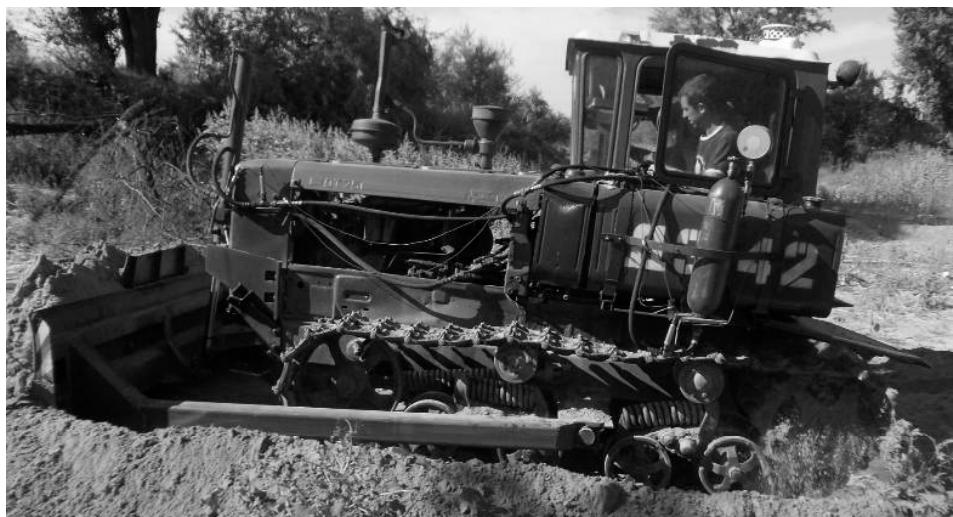


Рис.2. Бульдозер ДЗ-42Г с системой аккумулирования энергии.

Цель исследования: проанализировать процесс работы гидроаккумулирующей системы и установить влияние гидроаккумулирующей системы на технико-экономические показатели машины.

Задачи исследования:

- модернизация гидравлической схемы бульдозера;
- методика проведения испытаний и расстановка измерительной аппаратуры;
- анализ полученных результатов.

Основной материал. Модернизация гидравлической системы бульдозера заключалась в подключении гидропневмоаккумуляторного блока в гидролинию штоковой полости гидроцилиндра, отвечающую за подъем отвала (рис.3.).

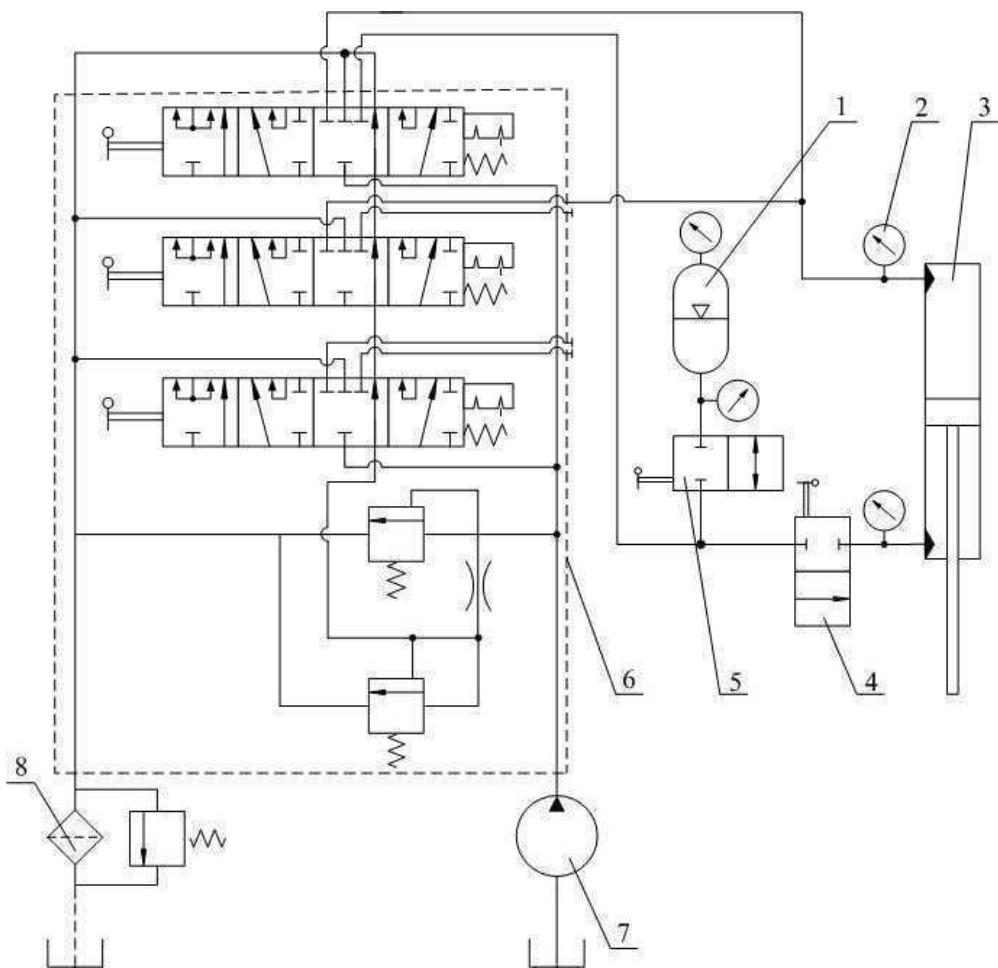


Рис.3. Модернизированная гидросхема бульдозера: 1 – гидропневмоаккумулятор; 2 – датчик давления (ПД 10/2 УХЛ 3.1); 3 – гидроцилиндр; 4, 5 – гидораспределитель (тип Ду 10); 6 – гидораспределитель (тип Р75); 7 – насос (тип НШ); 8 – фильтр .

Представленная на рис.2. гидросхема бульдозера работает следующим образом.

Как известно рабочий цикл бульдозера состоит из последовательно выполняемых этапов: копание грунта, перемещения грунта и обратный ход.

Представленная на рис.3. гидросхема бульдозера производит выполнение перечисленных этапов следующим образом. В начале первого цикла рабочей смены бульдозера гидропневмоаккумулятор 1 пуст, потому что по завершению каждой рабочей смены оператор должен его разгрузить. Для обеспечения выглубления отвала на этапе копания грунта на первом цикле работ гидронасос подает рабочую жидкость из бака через гидораспределитель 6 к гидроцилинду 3 управления подъемом-опусканию отвала 10 через гидораспределитель 4.

Следующим этапом является этап перемещения грунта обеспечения которого не отличается от стандартного способа.

На этапе обратного хода бульдозера происходит зарядка гидроаккумулятора. При этом гидораспределитель 4 находится в закрытом состоянии, а гидораспределители 6 и 5 в открытом. Гидронасос 7 подает рабочую жидкость из бака через гидораспределители 5 и 6 в гидропневмоаккумулятор 1, до его полной зарядки. Энергоемкость гидропневмоаккумулятора выбирается не менее энергозатраты насоса на выглубление отвала на этапе копания бульдозера. Режим работы гидронасоса 1 на этапе обратного хода бульдозера должен обеспечивать полную зарядку гидропневмоаккумулятора независимо от длины обратного хода.

На следующих этапах копания до конца рабочей смены выглубление отвала обеспечиваются с помощью гидросистемы аккумулирования энергии.

Перед началом проведения испытаний бульдозера с системой аккумулирования энергии была проведена расстановка датчиков давления в гидросистеме машины (рис.4.).

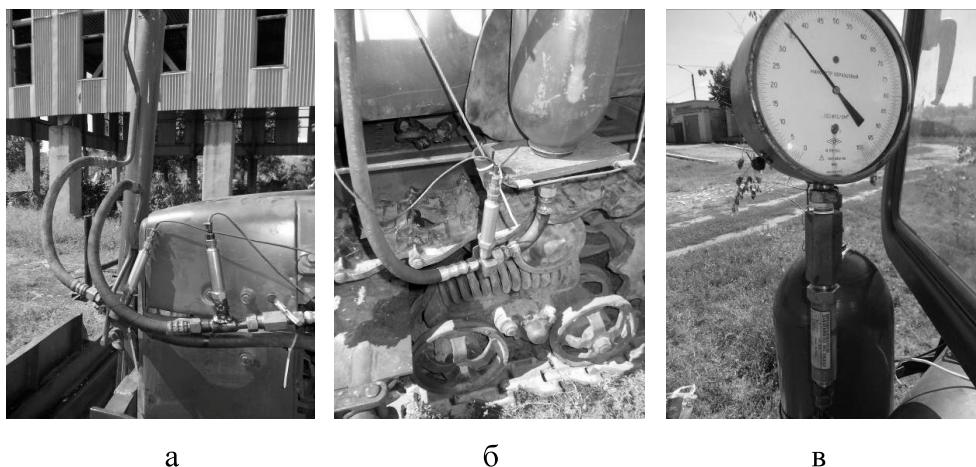


Рис.4. Расположение датчиков давления в гидросистеме бульдозера: а – в штоковой и поршневой полостях гидроцилиндра; б – в рабочей камере гидропневмоаккумулятора; в – в газовой камере гидропневмоаккумулятора.

Испытания проводились согласно ТУ ГОСТ 7410-10. Длина резания -15 м, время работы серийного образца и модернизированного бульдозера – 1 час.

В ходе испытаний устанавливалась производительность и часовой расход топлива каждого из бульдозеров. Расход топлива определялся методом доливки, а производительность – объемом разработанной траншеи.

На рис.5. представлена осциллограмма рабочего цикла бульдозера с системой аккумулирования энергии.

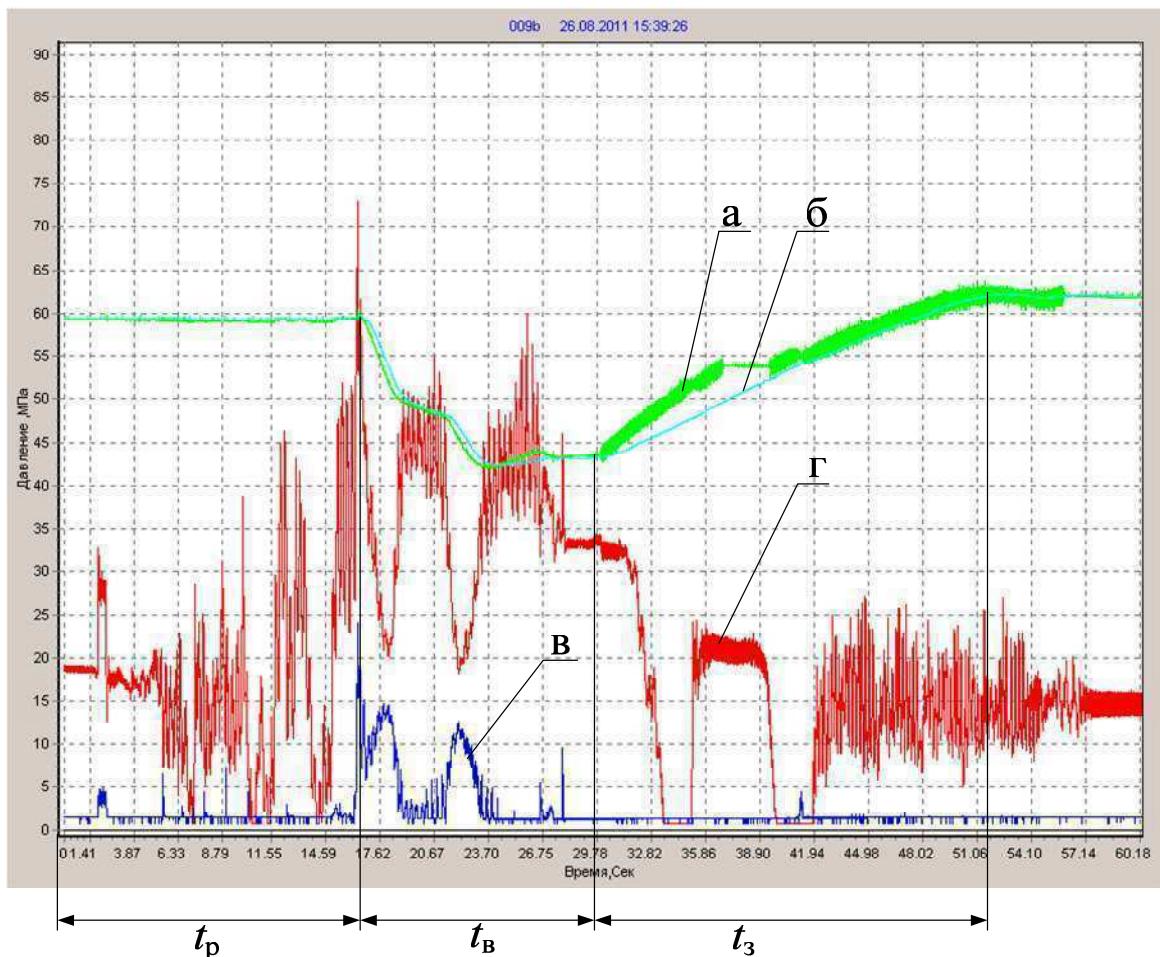


Рис. 5. Осциллограмма рабочего цикла бульдозера с системой аккумулирования энергии: 1 – давление в рабочей камере гидропневмоаккумулятора; 2 – давление в газовой камере гидропневмоаккумулятора; 3 – давление поршневой полости гидроцилиндра; 4 – давление штоковой полости гидроцилиндра; t_p , t_B , t_3 – соответственно время резания, выглубления и зарядки.

На рис.6. представлены осциллограммы 1-10 рабочих циклов бульдозера с различными вариантами включения гидропневмоаккумуляторного блока.

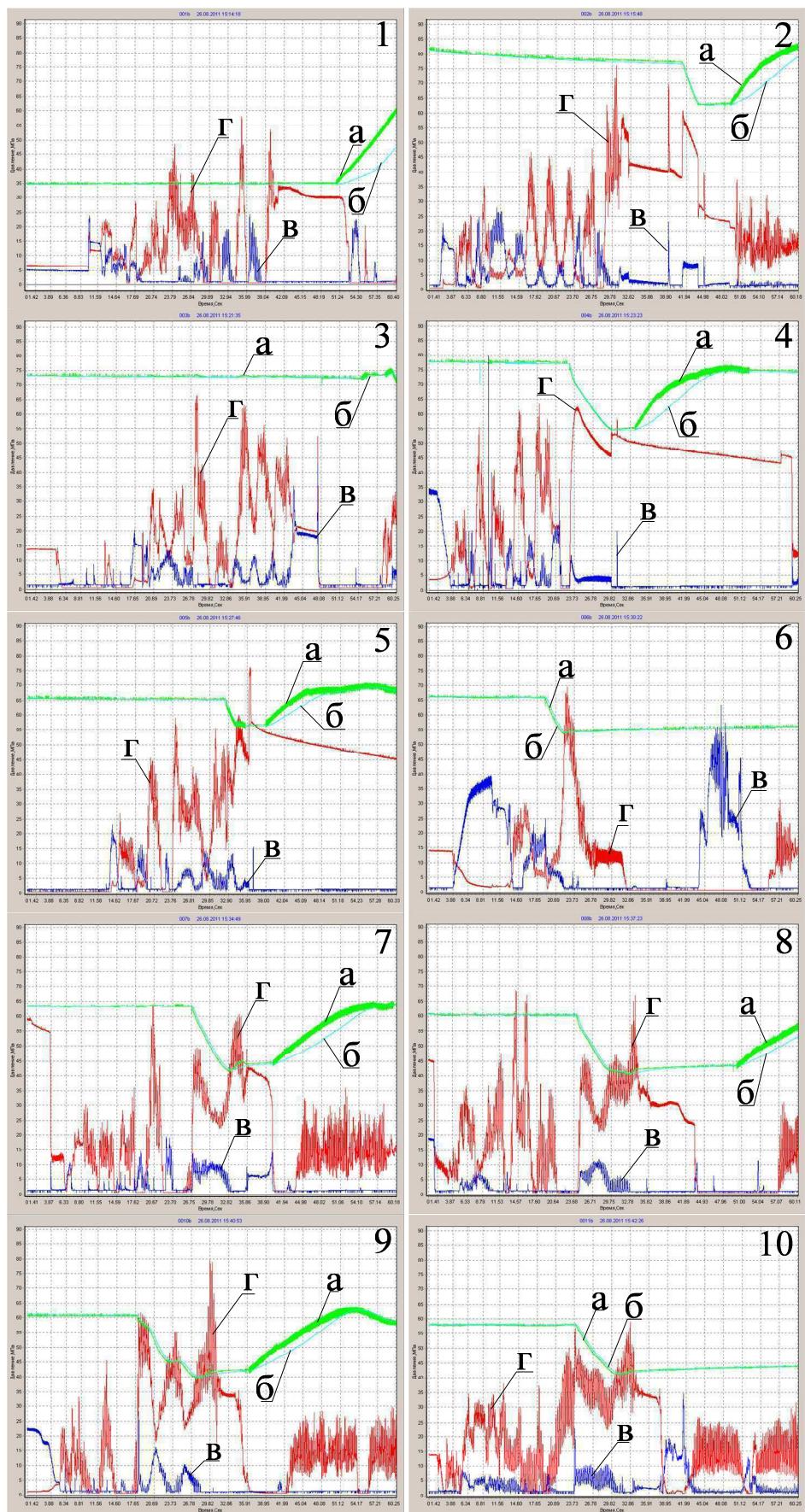


Рис. 6. Осциллограммы рабочего цикла бульдозера: 1-10 – осциллограммы циклов по мере разработки траншеи в процессе работы бульдозера.

В таблице 1 приведены некоторые сопоставленные данные для бульдозера ДЗ-42Г.

Таблица 1.

Технико-экономические показатели бульдозера с не поворотным отвалом

№ п/ п	Показатели	Обозначение	Значение показателя		
			Бульдозер без акку- мулятор- ного блока	Бульдозер с использова- нием акку- муляторно- го блока	Повышение эф- фективности бульдозер с ис- пользованием аккумуляторно- го блока, %
1.	Мощность двигателя, кВт	N	66	66	-
2.	Производительность, $\text{м}^3/\text{ч}$	Π	50,52	53,06	4,78
3.	Масса бульдозера, т	G	7,185	7,220	-
4.	Уд. энергоемкость копания, кВт/ $\text{м}^3 / \text{ч}$	N/Π	1,3	1,2	7,69
5.	Уд. материалоемкость, $\text{т} / \text{м}^3 / \text{ч}$	G/Π	0,14	0,13	7,14
6.	Общий расход топлива, л/смен	Q	47,3	45,6	3,59
7.	Удельный расход топлива, л/м ³	q	0,14	0,12	14,28
8.	Обобщенный показатель, $\frac{\text{kBt} \cdot \text{t}}{(\text{m}^3 / \text{ч})^2}$	$\Pi_{NG} = \frac{NG}{\Pi^2}$	0,185	0,169	8,64
9.	Удельный расход топлива на единицу мощности, $\frac{\text{л/смен}}{\text{kBt}}$	Q/N	0,71	0,69	2,81
10.	Уд. расход топлива на единицу массы, $\frac{\text{л/смен}}{\text{т}}$	Q/G	6,5	6,3	3,07
11.	Общий расход топлива на еди- ничу произ-ти, $\frac{\text{л/смен}}{\text{м}^3 / \text{ч}}$	Q/Π	0,93	0,86	7,52
12.	Скорость подъема отвала, м/с	v	0,32	0,41	21,95
13.	Длительность цикла, с	t	63	57	9,52
14.	Себестоимость разработки грунта, грн/м ³	C_{eo}	17,86	17	4,81

Выход.

Проведенные экспериментальные исследования позволяют утверждать, что применение гидроаккумулирующих систем на землеройно-транспортных машинах, в частности бульдозерах, позволяет повысить технико-экономические показатели по сравнению с серийно выпускаемыми машинами. Производительность бульдозера повысилась на 4,78 %.

Это обусловлено тем, что сократилась длительность рабочего цикла (на 9,52 %) из-за увеличения скорости подъема отвала на 21,95 %. Одновременно с этим снизились удельные энергоемкость (на 7,7 %) и материалоемкость (на 7,1 %). Кроме того, общий и удельный расход топлива уменьшились, соответственно, на 3,6 % и 14,3 %. За счет этого снизились удельный расход топлива на единицу мощности двигателя бульдозера (на 2,8 %) и общий расход топлива на единицу производительности (7,52 %).

ЛИТЕРАТУРА

1. Хмара Л.А. Применение аккумуляторов потенциальной энергии в строительных машинах (на примере одноковшового экскаватора). Строительство. Материаловедение. Машиностроение: Сборник научных трудов. Вып. 33. Интенсификация рабочих процессов строительных и дорожных машин. – Днепропетровск: ПГАСА, 2005. – С. 17-33.
2. Машини для земляних робіт: Навчальний посібник / Хмара Л.А., Кравець С.В., Нічке В.В., Назаров Л.В., Скоблюк М.П., Нікітін В.Г. Під загальною редакцією проф.. Хмари Л.А. та проф. Кравця С.В. Рівне – Дніпропетровськ – Харків. – 2010. – 557 с.
3. Гулиа Н.В. Удивительная механика. В поисках «энергетической капсулы» / Н.В. Гулиа // Издательство: НЦ ЭНАС 2006 г, - 176 с.
4. Гулиа, Н.В. Инерционные двигатели для автомобилей – М.: Транспорт, 1974.– 62 С.
5. Волоцкий В.М. Гидроприводы машин и их оборудование. Учебный курс. – Харьков: Гидроэлекс, 1995, – 155 с.
6. Трактор ДТ-75Н. Техническое описание и инструкция по эксплуатации – Волгоградский тракторный завод имени Ф.Э.Дзержинского, 1985, - 276 с.
7. Ремарчук М.П., Холодов А.П., Чмуж Я.В. Байрамашвілі Т.Т. Енергозбереження в гідросистемі бульдозера//Вісник харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Харків: 2010. - №94 – С. 385-392.
8. Алексеева Т.В. Гидропривод и гидроавтоматика землеройно-транспортных - М.: Машиностроение, 1966. - 147 с.
9. Алексеева Т.В., Ремизович Ю.В., Шерман Использование принципа аккумулирования энергии в системе управления землеройно-транспортной машины // Исслед. и испытания дорож. и строит. машин: Сб. науч. работ/ СибАДИ. – 1969. - Вып. 1. - С. 70—75.
10. Щербаков В.Ф. Рекуперативная система привода гидроподъемных машин // Строительные и дорожные машины. 2008. № 9. С. 49-51.

11. Щербаков В.Ф. Энергосберегающие гидроприводы строительных и дорожных машин/ В.Ф. Щербаков // Строительные и дорожные машины. 2011. № 10. С. 1-2.
12. Overview of energy storage technologies, [Электронный доступ]. – Режим доступа http://zebu.uoregon.edu/2001/ph162/append_overview.pdf#search=%22%22OVERVIEW%20OF%20ENERGY%20STORAGE%20TECHNOLOGIES%22%22.
13. Режим доступа: <http://kosmopoisk.org/superideas/show1.html?id=178>.

УДК 621.225:69.002.51

Л. А. ХМАРА, докт. техн. наук.

*Государственное высшее учебное заведение
«Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры»*

А. П. ХОЛОДОВ, асс., А. В. ЯРЫЖКО, канд. техн. наук.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРОАККУМУЛИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ

Введение. В последнее время, ввиду роста цен на топливо и ухудшения экологической обстановки на планете, все больший интерес вызывает возможность аккумулирования энергии [1, 2, 3].

Принцип аккумулирования энергии нашел широкое применение в гидрофицированных машинах циклического действия и не только. Этот принцип в настоящее время широко используется в различных отраслях машиностроения. В связи с этим исследование аккумулирующих систем является неотъемлемой частью процесса их совершенствования и адаптации к различным машинам [4, 5, 7, 8, 9, 10].

На базе лаборатории гидравлики Харьковского национального автомобильно-дорожного университета были проведены экспериментальные исследования процесса аккумулирования и возврата гидравлической энергии для совершения полезной работы.

Цель исследования: установить диапазон эффективной работы гидропневмоаккумулятора при различных нагрузках и оценить возможность эффективной работы данной системы на землеройно-транспортной машине, путем анализа, развиваемых в процессе работы, давлений.