

Автоматизація і інформаційні технології

УДК 621.225:69.002.51

Л.А. Хмара, д.т.н., проф. (ПГАСА, Днепропетровск);
А.П. Холодов, ассистент, (ХНАДУ, Харьков)

ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРОАККУМУЛИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ НА БУЛЬДОЗЕРНОМ ОБОРУДОВАНИИ

АННОТАЦИЯ. Представлены результаты испытаний бульдозера ДЗ-42г с системой аккумуляции энергии. Наведены сопоставленные технико-экономические показатели. Представлены осциллограммы рабочего цикла бульдозера с использованием системы аккумуляции энергии.

Ключевые слова: аккумулятор, энергия, бульдозер, рабочий цикл, гидропривод.

АННОТАЦИЯ. Представлены результаты испытаний бульдозера ДЗ-42Г с системой аккумуляции энергии. Приведены сопоставленные технико-экономические показатели. Представлены осциллограммы рабочего цикла бульдозера с использованием системы аккумуляции энергии.

Ключевые слова: аккумулятор, энергия, бульдозер, рабочий цикл, гидропривод.

SUMMARY. The results of tests bulldozer DZ-42g with energy storage systems are presented in the article. The technical and economic indicators are presented. Shows oscillograms of the work cycle of bulldozer with energy storage systems are shown.

Key words: accumulator, energy, bulldozer, work cycle, the hydraulic drive.

Введение. В настоящее время, в эпоху прогрессирующего энергетического кризиса все больший интерес вызывает возможность аккумуляции энергии. Существуют следующие виды аккумулярующих систем [1, 2, 3, 11, 12, 13]: аккумуляторы потенциальной энергии (рис. 1); маховики (рис. 2); гидроаккумулярующие станции (рис. 3, 5); тепловые аккумуляторы; аккумуляция энергии с помощью сжатого воздуха; батареи; аккумуляторы на сверхпроводниках; суперконденсаторы; плазмодные аккумуляторы.

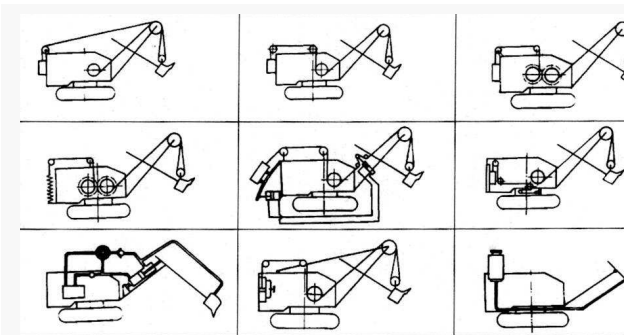


Рис.1. Примеры аккумуляторов потенциальной энергии для одноковшовых экскаваторов [1]

В гидравлических системах машин широкое применение получили гидропневмоаккумуляторы. Благодаря использованию гидропневмоаккумуляторов решаются следующие вопросы: снижение установоч-

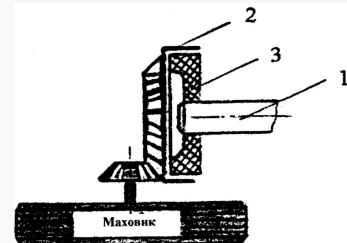


Рис.2. Маховичный аккумулятор:
1 - ведущая полумуфта; 2 - ведомая полумуфта;
3 - аккумулярующий упругий элемент

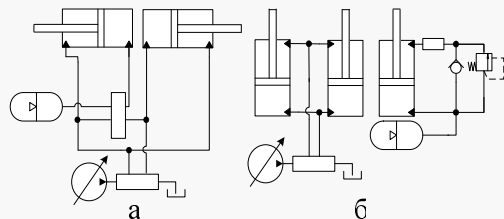


Рис. 3. Схемы стрелоподъемного механизма гидропривода с рекуперацией энергии опускания оборудования [7]: производства: а - Россия, б - фирма Komatsu со вспомогательным стрелоподъемным механизмом

ной мощности насосов; обеспечение разгрузки насосов, когда для питания потребителей достаточным источником энергии является сам аккумулятор [1, 5, 9, 10],

Также для 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, копания, 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 представлена на рис.4 [7].

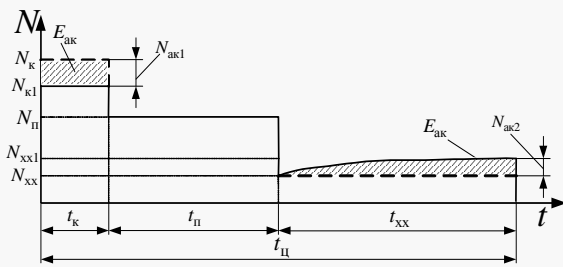


Рис.4. Циклограмма рабочего цикла бульдозера: N_k N_{k1} – мощности затрачиваемые при копании без использования аккумуляторной системы и с ее использованием; N_p – мощности затрачиваемые при перемещении призмы грунта; N_{xx1} N_{xx} – мощности затрачиваемые при холостом ходе без использования аккумуляторной 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_p , t_{xx} , t_c – время копания, перемещения, холостого хода и цикла

На рис.4 сплошной линией представлен цикл бульдозера с системой аккумулялирования энергии, пунктирной – без аккумулялирующей системы.

При этом, подача гидронасоса Q_n должна регулироваться таким образом, чтобы обеспечить полную зарядку гидроаккумулятора $V_{ак}$ независимо от продолжительности об-

ратного (холостого) хода машины $t_{хх}$ (рис.5).

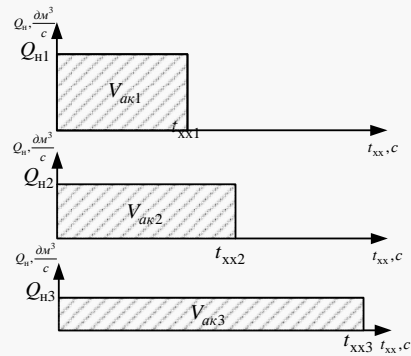


Рис. 5. Зависимость подачи насоса от продолжительности обратного (холостого) хода машины

Наиболее близкими к данной проблеме являются работы проф. Алексеевой Т.В. (рис.б.) в которых обосновано применение принципа аккумулялирования энергии позволяющее обеспечить более равномерную загрузку двигателя во времени для накопления энергии за счет использования холостых ходов [6].

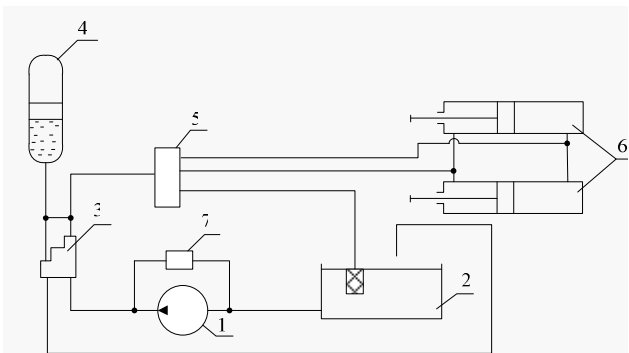


Рис. 6. Схема гидропривода с гидропневмоаккумулятором, предложенная д.т.н. Алексеевой Т.В. [9]: 1 – насос; 2 – бак; 3 – автомат разгрузки; 4 – гидроаккумулятор; 5 – распределитель; 6 – силовой цилиндр; 7 – предохранительный клапан

Таким образом, существует необходимость в установлении закономерностей работы традиционной системы «оператор – машина - рабочая среда» с учетом гидропневмоаккумулялирующей системы (рис. 7).

Цель и постановка задачи

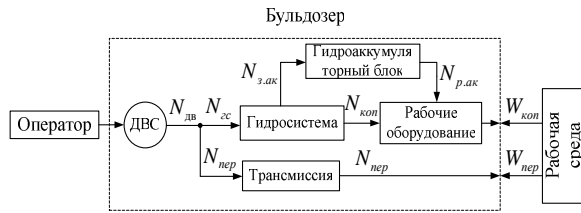


Рис. 7. Система «оператор – машина – рабочая среда» с гидропневмоаккумулирующей системой: $N_{дв}$ – мощность двигателя; $N_{гс}$ – мощность двигателя, затрачиваемая на гидросистему; $N_{пер}$ – мощность, затрачиваемая трансмиссией на перемещение; $N_{коп}$ – мощность, затрачиваемая гидросистемой на операции копания; $N_{з.ак}$ – мощность, затрачиваемая на зарядку гидроаккумулятора; $N_{р.ак}$ – мощность гидроаккумулятора, потребляемая рабочим оборудованием на операции копания; $W_{пер}$ – сопротивление перемещению; $W_{коп}$ – сопротивление копанию грунта

Цель и постановка задачи

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.8).

Цель исследования: проанализировать процесс работы гидроаккумулирующей



Рис.8. Бульдозер ДЗ-42Г с системой аккумулирования энергии

системы и установить влияние гидроаккумулирующей системы на технико-экономические показатели машины.

Задачи исследования:

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

Изложение основного материала. Модернизация гидравлической система бульдозера заключалась в подключении гидропневмоаккумуляторного блока в гидроли-

нию штоковой полости гидроцилиндра, отвечающую за подъем отвала (рис.8.)

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

Представленная на рис.9 гидросхема бульдозера производит выполнение перечисленных этапов следующим образом. В начале первого цикла рабочей смены бульдозера гидроаккумулятор 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 гидрораспределитель 6 к гидроцилиндру 3 управления подъемом-опусканием отвала 10 через гидрораспределитель 4.

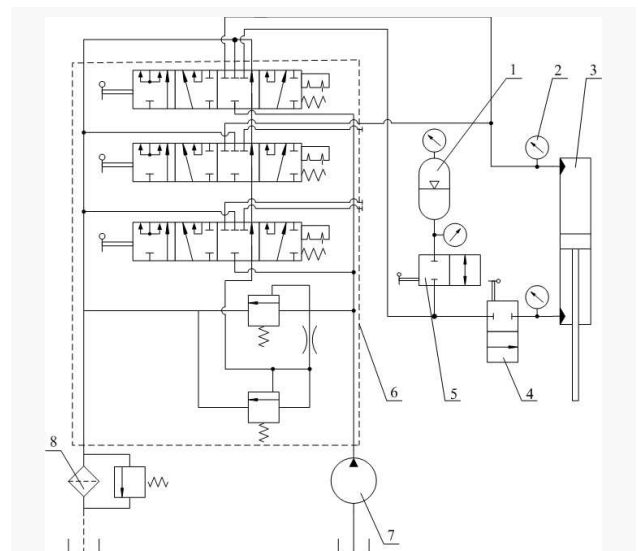


Рис.9. Модернизированная гидросхема бульдозера: 1 – гидропневмоаккумулятор; 2 – датчик давления (ПД 10/2 УХЛ 3.1); 3 – гидроцилиндр; 4,5 – гидрораспределитель (тип Ду 10); 6 – гидрораспределитель (тип Р75); 7 – насос (тип НШ); 8 – фильтр

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

На этапе обратного хода бульдозера происходит зарядка гидроаккумулятора. При этом гидрораспределитель 4 находится в закрытом состоянии, а гидрораспределители 6 и 5 в открытом. Гидронасос 7 подает рабочую жидкость из бака через гидрораспределители 5 и 6 в гидропневмоаккумуля-

тор 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 аккумулярования энергии.

Перед началом проведения испытаний бульдозера с системой аккумулярования энергии была проведена расстановка датчиков давления в гидросистеме машины (рис.9).



Рис.9. 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.10 представлена осциллограмма рабочего цикла бульдозера с системой аккумулярования энергии

На рис. 11 (1-10) представлены осциллограммы рабочих циклов бульдозера с раз-

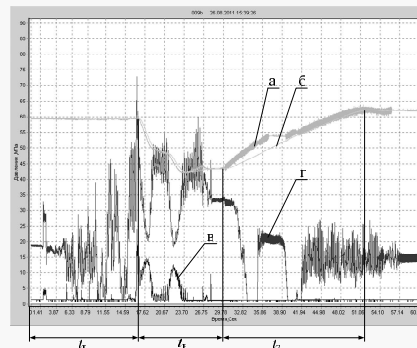


Рис. 10. Осциллограмма рабочего цикла бульдозера с системой аккумулярования энергии: а – давление в рабочей камере гидропневмоаккумулятора; б – давление в газовой камере гидропневмоаккумулятора; в – давление поршневой полости гидроцилиндра; г – давление штоковой полости гидроцилиндра; t_1, t_2, t_3 – соответственно

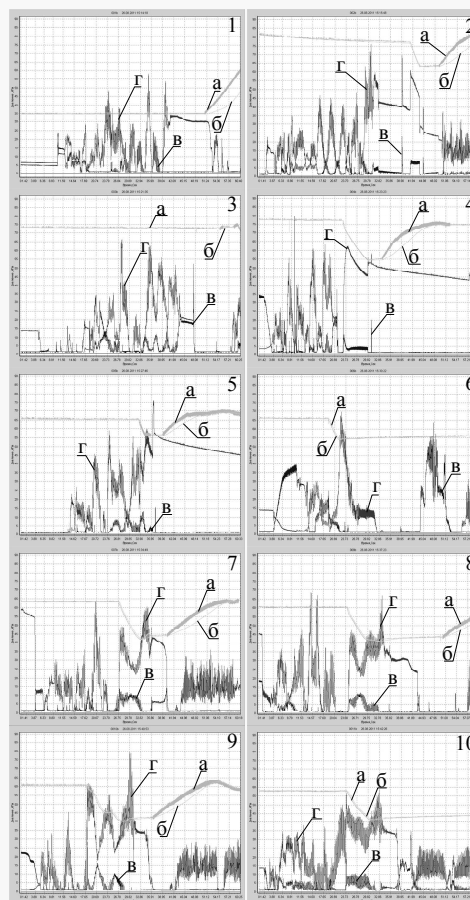


Рис. 11. Осциллограммы рабочего цикла бульдозера: 1-10 – осциллограммы циклов по мере разработки траншеи в процессе работы бульдозера

личными режимами включения гидропнеумоаккумуляторного блока.

В табл. 1 приведены сопоставленные технико-экономические показатели для

традиционного бульдозера и для бульдозера с использованием гидроаккумулирующей системы.

Таблица 1

Технико-экономические показатели бульдозера с неповоротным отвалом

№ п/п	Показатели	Обозначение	Значение показателя		
			Бульдозер без аккумуляторного блока	Бульдозер с использованием аккумуляторного блока	Повышение эффективности бульдозера с использованием аккумуляторного блока, %
1.	Мощность двигателя, кВт	N	66	66	-
2.	Производительность, м ³ /ч	Π	50,52	53,06	4,78
3.	Масса бульдозера, т	G	7,185	7,220	-
4.	Уд. энергоемкость копания, кВт/м ³ /ч	N/Π	1,3	1,2	7,69
5.	Уд. материалоемкость, т/м ³ /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, $\frac{\text{кВт} \cdot \text{т}}{(\text{м}^3/\text{ч})^2}$	$\Pi_{NG} = \frac{NG}{\Pi^2}$	0,185	0,169	8,64
9.	Удельный расход топлива на единицу мощности, $\frac{\text{л/смен}}{\text{кВт}}$	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 единицу 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	$C_{ед}$	17,86	17	4,81

Выводы

Проведенные экспериментальные исследования позволяют утверждать, что применение гидроаккумулирующих систем на землеройно-транспортных машинах, в частности бульдозерах, позволяет повысить их технико-экономические показатели по сравнению с серийно выпускаемыми машинами. В результате использования гидроаккумулирующей системы 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 энергоёмкость (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. *Хмара Л.А.* Машины для земляных работ: 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, - 176 с.
4. *Скрепер*, Авт. свид. СССР № 171810. Заявители - ЦНИИС и ВНИИСДМ. Н.В. Гулиа, И.А. Недорезов и др.
5. *Волоцкий В.М.* Гидроприводы машин и их оборудование. Учебный курс. – Харьков: Гидроэлек, 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. Энергоэкономия в гидросистеме 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 аккумуляции 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 // Строительные и дорожные машины. 2011. № 10. С. 1-2
12. Overview of energy storage technologies, http://zebu.uoregon.edu/2001/ph162/append_o_vewiew.pdf#search=%22%22OVERVIEW%20OF%20ENERGY%20STORAGE%20TECHNOLOGIES%22%22
13. <http://kosmopoisk.org/superideas/show1.html?id=178>

Рецензент: М.К. Сукач, д.т.н., проф.
(КНУБА, Київ)

Отримано: 06.12.2011 р.