

способствует и современный уровень технического оснащения учебных аудиторий и лабораторий, а также вычислительный центр академии и кафедры.

Приобретение специальности «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, мелиоративные машины и оборудование» осуществляется по направлению – «Машиностроение».

После окончания механического факультета выпускники имеют возможность работать на руководящих должностях в трестах и управлениях механизации строительства, в научно-исследовательских и проектно-конструкторских организациях, акционерных обществах и холдинговых компаниях строительного и машиностроительного профиля.

Наиболее способные молодые специалисты, желающие посвятить себя научно-педагогической работе, могут продолжить обучение в действующей при кафедре аспирантуре и защитить кандидатские диссертации.

УДК 621.225:69.002.51

Л.А. ХМАРА, докт. техн. наук.

ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры»

А.П. ХОЛОДОВ, ассистент.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРОАККУМУЛИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ НА ЗТМ ЦИКЛИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Актуальность проблемы. В дорожной, коммунальной, сельскохозяйственной отрасли практически не осталось не механизированных, тяжелых и трудоемких работ. Во всех вышеперечисленных отраслях применяют землеройно-транспортные машины (ЗТМ), в том числе для широкого спектра работ используют бульдозеры. При больших объемах производства одним из главных вопросов является стоимость производимой продукции. Непосредственное влияние на стоимость продукции имеет стоимость топлива, которая в настоящее время бесконечно возрастает. Поэтому в эпоху прогрессирующего энергетического кризиса все больший интерес вызывает возможность снизить расход топлива при заданной производительности машины или же повысить производительность при заданном расходе топлива. В связи с этим основной и первостепенной задачей, стоящей перед создателями землеройно-транспортных машин на ближайшее десятилетие, будет повышение

их эффективности и конкурентоспособности на мировом рынке. Основные показатели эффективности ЗТМ – производительность, расход топлива, материалоемкость, энергоемкость, надежность, социальная приспособленность (безопасность, эргономические и экологические свойства) и, в итоге, стоимость создаваемой продукции и выполняемых работ.

Проблема повышения эффективности рабочих процессов бульдозеров зависит от их производительности и расхода топлива, и имеет достаточно важное значение. В связи с этим тему данной работы следует считать актуальной, поскольку повышение эффективности рабочих процессов бульдозеров, за счет повышения производительности и снижения расхода топлива, ведет к снижению стоимости производимой ими продукции.

Анализ публикаций. Выявлены тенденции развития дорожно-строительной техники, проанализированы существующие способы повышения эффективности, аккумуляторов энергии и области их применения. Основными требованиями предъявляемыми к ЗТМ в настоящее время являются высокая производительность и низкий расход топлива.

Проанализированы основные вопросы по повышению эффективности машин за счет: интенсификации рабочих процессов, рассматриваемой в работах Артемьева К. А., Ветрова Ю. А., Баладинского В. Л., Баловнева В. И., Ничке В. В., Руднева В. К., Хмары Л. А., Холодова А. М.; автоматизации и роботизации машин, которыми занимались такие ученые, как Гарбузов З. Е., Добрынский Г. К., Радионов Ю. В., Рустанович А. В.; создания систем машин большой единичной мощности и размера на базе модулей, исследованные в работах Баладинского В. Л., Баловнева В. И., Ветрова Ю. А., Волкова Д. П., Домбровского Н. Г., Кириченко И. Г., Мещерина В. Н., Назарова Л. В., Хмары Л. А.; исследования энергонасыщенности рабочих процессов машин, приведенных в работах Бузина Ю. М., Гарбузова З. Е., Гене В. М., Гольдштейна А. Ю., Григорова О. В., Холодова А. М.; использования аккумуляторов энергии в приводах ЗТМ: механических (маховики, противовесы, пружины), широко рассмотренных в работах Гулиа Н. В., Хмары Л. А., тепловых – в работах Щербакова В. Ф., гидравлических, исследованиям которых посвящены труды Алексеевой Т. В., Башкирова В. А., Григорова О. В., Королева А. В., Лаптева Ю. Нью, Лебедева А. Т., Морсина В. М., Щербакова В. Ф.

Цель и задачи исследования. Целью настоящего исследования является повышение эффективности рабочих процессов ЗТМ циклического действия за счет использования гидроаккумулирующей системы на основе гидропневмоаккумуляторов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: провести обзор научно-технических и патентных решений; установить возможность накопления энергии в рабочем цикле ЗТМ и определить распределение потоков энергии при использовании гидроаккумулирующей системы; сформировать динамическую модель

бульдозера с гидроаккумулирующей системой; разработать математическую модель ЗТМ циклического действия с гидроаккумулирующей системой; разработать методику проведения экспериментальных исследований процесса накопления и возврата энергии гидропневмоаккумулятора (ГПА) для ЗТМ циклического действия; провести полевые испытания бульдозера, оснащенного гидроаккумулирующей системой и, проанализировав их результаты определить диапазон эффективного использования системы; сформулировать научные рекомендации по формированию гидроаккумулирующей системы ЗТМ циклического действия; дать практические рекомендации по повышению эффективности землеройно-транспортных и разработать методику выбора рациональных параметров гидроаккумулирующей системы; оценить экономический эффект от применения разработанной системы.

Основная часть. Предложена новая структурная схема системы «оператор – бульдозер – рабочая среда» с учетом применения гидроаккумулирующей системы [1, 7].

В этом случае мощность двигателя представляется как мощность, затрачиваемая на трансмиссию машины и мощность, затрачиваемая на гидросистему

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

где $N_{\text{тр}}$ – мощность, затрачиваемая на трансмиссию;

$N_{\text{гс}}$ – мощность, затрачиваемая на гидросистему.

Мощность, которую необходимо передать в гидросистему при копании

$$N_{\text{гс}} = R_{\text{ц.з.}} v_{\text{ш}}^2, \quad (2)$$

где $v_{\text{ш}}$ – скорость перемещения штока гидроцилиндра, м/с.

Так как полученная мощность $N_{\text{гс}}$ должна поддерживаться на протяжении всего времени копания $t_{\text{коп}}$ грунта, то получаем энергию, которую необходимо потратить гидросистеме на операцию копания

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

Полученную энергию можно накапливать в ГПА на холостом (обратном) ходу бульдозера и возвращать в гидросистему на этапе копания. Это позволит снизить установочную мощность двигателя до уровня необходимого на перемещение машины, что приведет к снижению расхода топлива.

В режиме холостого хода бульдозера его ДВС использует лишь незначительную долю мощности для обеспечения работы механизма перемещения. Предлагается аккумулирование доли мощности ДВС, путем преобразования в гидравлическую энергию, за счет накопления его в гидропневмоаккумуляторе.

Мощность, накапливаемая в ГПА во время холостого хода

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

где $Q_{н,а}$ – подача жидкости на выходе гидронасоса в режиме холостого хода бульдозера в период подключения гидронасоса к ГПА;

$p_{н,а}$ – давление жидкости на выходе гидронасоса в режиме холостого хода бульдозера в период зарядки ГПА.

Накопленная энергия, которая аккумулируется в ГПА при условно линейной закономерности определяется по формуле, кВт·с

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

Рациональное использование накопленной энергии, возможно на этапе копания грунта. В этом случае мощность ДВС будет затрачиваться только на трансмиссию, а гидросистема будет использовать энергию ГПА.

При использовании гидроаккумулирующей системы в рабочем цикле бульдозера поменяется поэтапный расход мощности двигателя (рис. 1) и произойдет перераспределение потоков энергии (рис. 2).

Таким образом, гидросхема землеройно-транспортной машины циклического действия будет иметь вид (рис. 3).

Мощность ДВС в рабочем цикле бульдозера распределяется на мощность трансмиссии и гидросистемы

$$N_{ДВС} = N_{гс} + N_{тр}. \quad (6)$$

Мощность, затрачиваемая на гидросистему должна накапливаться в гидропневмоаккумуляторе на холостом ходу

$$N_{гс} = N_{ак}. \quad (7)$$

Мощность же ДВС, учитывая потери, будет полностью передаваться на трансмиссию бульдозера

$$N_{ДВС} = N_{тр}. \quad (8)$$

Таким образом, мощность, затрачиваемая на копание, будет иметь две составляющие

$$N_{коп} = N_{р.ак} + N_{ДВС_{max}}. \quad (9)$$

Для выполнения полезной работы по заглублению отвала с помощью ГПА необходимо, чтобы накопленная в нем энергия $E_{ак}$ (10) соответствовала энергии $E_{гц}$, которую затрачивает на эту же операцию насосная установка базовой гидросистемы.

$$E_{ак} = E_{гц}. \quad (10)$$

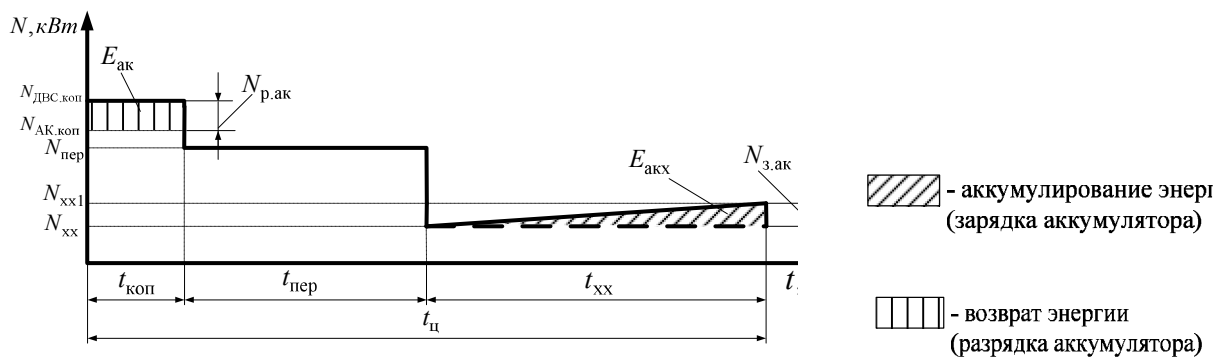


Рис. 1. Циклограмма рабочего процесса бульдозера с использованием гидроаккумулирующей системы: $E_{ак}$ – энергия, затрачиваемая аккумулятором на этапе копания; $N_{р.ак}$ – мощность, затрачиваемая аккумулятором на этапе копания; $E_{акх}$ – энергия, аккумулируемая на холостом ходу; $N_{з.ак}$ – мощность аккумулируемая на холостом ходу; $N_{ДВС.коп}$ – мощность ДВС на операции копания без использования гидроаккумулирующей системы; $N_{АК.коп}$ – мощность ДВС на операции копания с использованием гидроаккумулирующей системы; $N_{пер}$ – мощность ДВС на перемещение грунта; $N_{хх1}$ – мощность, затрачиваемая на холостом ходу при использовании гидроаккумулирующей системы; $N_{хх}$ – мощность, затрачиваемая на холостом ходу без использования гидроаккумулирующей системы; $t_{коп}$ – время копания грунта; $t_{пер}$ – время операции перемещения грунта; $t_{хх}$ – время холостого хода; $t_{ц}$ – время рабочего цикла.

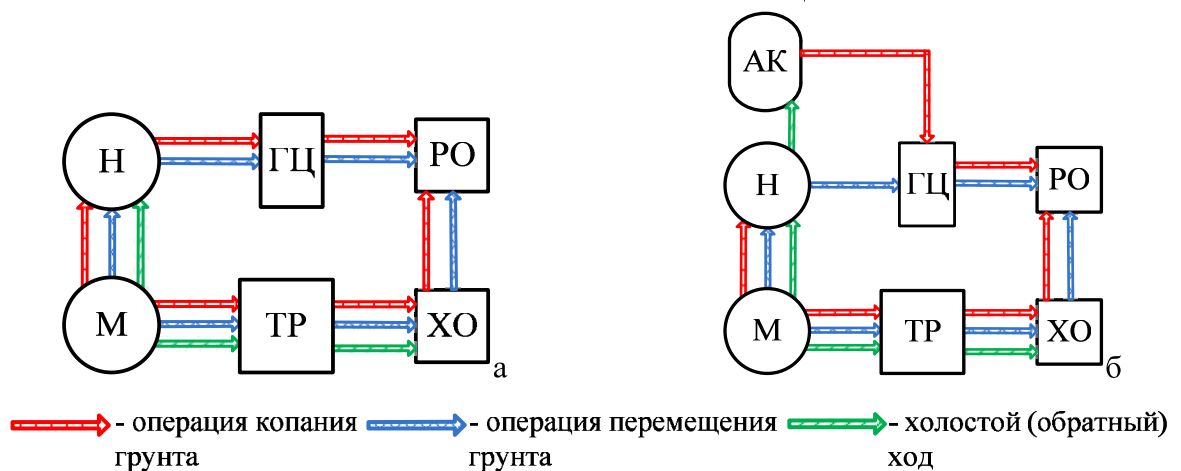


Рис. 2. Схема потоков энергии силовой установки бульдозера во время рабочего цикла: а – бульдозера традиционного исполнения; б – бульдозера с гидроаккумулирующей системой; М – двигатель; ТР – трансмиссия бульдозера; Н – гидронасос; ГЦ – гидроцилиндр; РО – рабочее оборудование; АК – гидропневмоаккумулятор; ХО – ходовое оборудование.

Время разрядки ГПА равно времени заглубления отвала

$$t_3 = t_{р.ак} \cdot \quad (11)$$

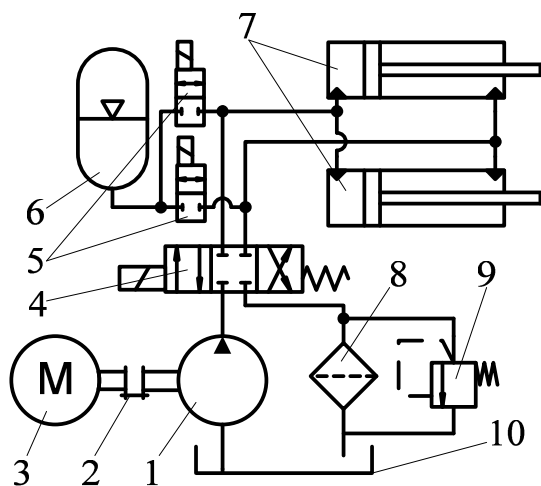


Рис. 3. Обобщенная гидросхема ЗТМ с гидроаккумулирующей системой энергии: 1 – гидронасос; 2 – управляемая муфта сцепления; 3 – двигатель; 4 – гидрораспределитель; 5 – гидрораспределители управления процессом зарядки-разрядки ГПА; 6 – гидропневмоаккумулятор; 7 – гидроцилиндры управления рабочим оборудованием; 8 – фильтр; 9 – предохранительный клапан; 10 – бак.

Для приведенной гидроаккумулирующей системы одним из основных параметров является необходимый запас жидкости, то есть объем рабочей камеры ГПА. Теоретически он должен равняться объему гидроцилиндра при условии максимально выдвинутого штока

$$V_{ак} = V_{ц}. \quad (12)$$

Но в рабочем цикле бульдозера шток гидроцилиндра не всегда перемещается в крайнее положение, соответствующее максимально заглубленному отвалу. Этот фактор зависит от глубины срезания стружки h_3 . Также объем ГПА должен учитывать потери. Исходя из особенностей работы, при полной разрядке ГПА должен сохранять объем жидкости ΔV_0 .

На этапе накопления энергии необходимо контролировать остаток жидкости в ГПА в данный промежуток времени. Это можно рассчитать следующим образом.

Время заглубления отвала - это время, за которое ГПА должен подать необходимый объем жидкости и равный

$$t_3 = \frac{T - G_6 (f \pm i)}{a_1 k_K B v_3}, \quad (13)$$

где a_1 – коэффициент, учитывающий влияние вида грунта и конструкции машины на траекторию заглубления; v_3 – скорость заглубления отвала.

Объем рабочей камеры ГПА рассчитываем по объему жидкости, потребляемый гидроцилиндром. Учитывая, что ГПА должен подать в гидроцилиндр запас жидкости $V_{ц}$, можно записать

$$V_{ак} = V_{ц} = \frac{A_{ц} l_{ш}}{\eta_{гс}}. \quad (14)$$

Объем рабочей камеры ГПА будет прямо пропорционален количеству цилиндров управления исполнительным оборудованием

$$\Delta V_{ак} = n_{ц} \Delta V, \quad (15)$$

где $n_{ц}$ – количество цилиндров с одинаковым объемом.

Количество энергии накопленной в аккумуляторе должно быть достаточным для обеспечения работы гидропривода управления механизмами наполнения и разгрузки ковша

$$E_{ак} = E_{зн} + E_{зр} \quad (16)$$

Мощность, затрачиваемая на гидропривод рабочего оборудования, используемая из ГПА

$$N_{з.ак} = N_{р.ак1} + N_{р.ак2} \quad (17)$$

Для обеспечения высокой производительности грейдеров и автогрейдеров необходимо стремиться к сокращению времени рабочего цикла, т. е. работать на наибольших возможных скоростях движения. Также надо добиваться увеличения объема грунта в призме, перемещаемой отвалом. Однако не следует перегружать машину и доводить до буксования гусеницы трактора, буксирующего грейдер, или ведущие колеса автогрейдера. При буксовании ходовой части увеличиваются износы и всегда теряется время, а если еще появляется необходимость переключать муфту сцепления и коробку перемены передач, то потери рабочего времени становятся чрезмерными и резко снижают производительность.

Последовательность работы грейдеров, автогрейдеров и скреперов при сооружении и профилировании грунтовых дорог одинакова и имеет циклический характер, как и у бульдозеров. Предложенную гидроаккумулирующую систему можно применить для автогрейдеров, скреперов, что сократит время рабочего цикла за счет снижения нагрузки на ДВС на режиме заглабления и выглабления рабочего оборудования, тем самым направляя всю мощность на трансмиссию машины, т.е. позволит работать на больших скоростях. Таким образом, изменятся поэтапные затраты мощности машин (рис. 4, 6) и перераспределятся потоки энергии (рис. 5, 7).

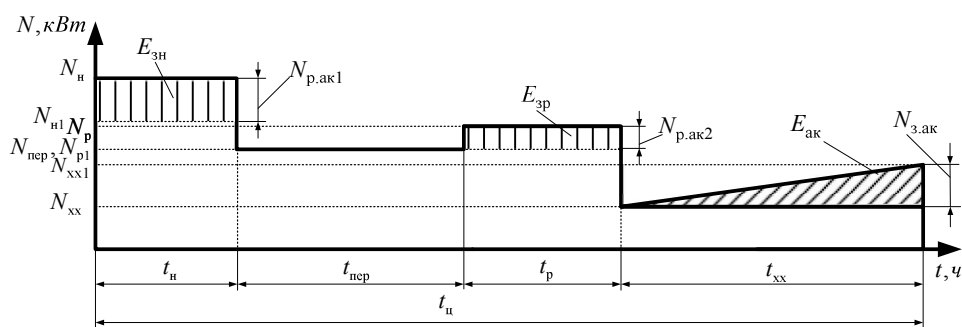


Рис. 4. Циклограмма рабочего процесса скрепера с гидроаккумулирующей системой: $N_{н}$ - мощность, затрачиваемая при наполнении ковша скрепера без использования гидроаккумулирующей системы; $N_{р}$ и $N_{р1}$ - мощности, затрачиваемые ДВС на операции разгрузки без использования и с использованием гидроаккумулирующей системы

соответственно; $N_{p.ак1}$ и $N_{p.ак2}$ – мощности затрачиваемые аккумулятором на гидропривод рабочего оборудования при его наполнении и разгрузке соответственно; $E_{зп}$

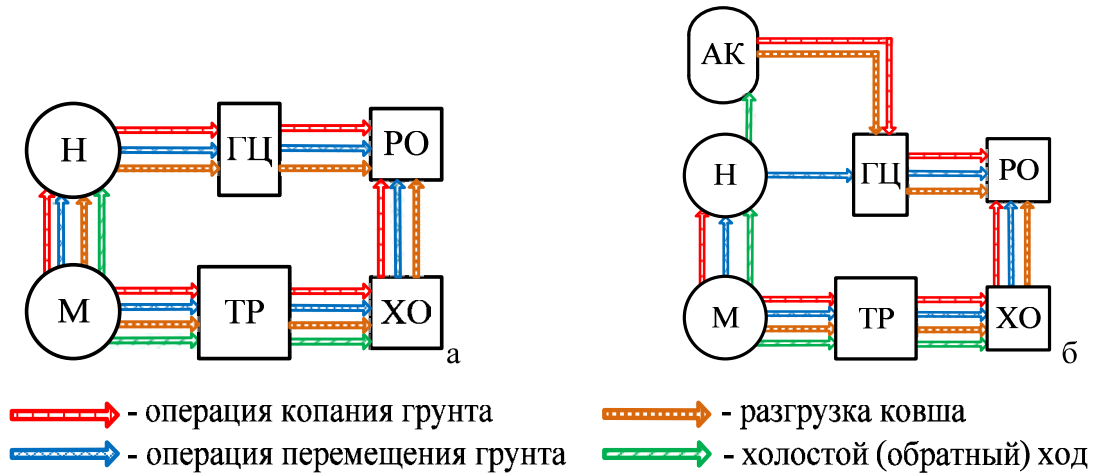


Рис. 5 – Схема потоков энергии силовой установки скрепера во время рабочего цикла: а – скрепер традиционного исполнения; б – скрепер с гидроаккумулирующей системой; М – двигатель; ТР – трансмиссия скрепера; Н – гидронасос; ГЦ – гидроцилиндр; РО – рабочее оборудование; АК – гидропневмакумулятор; ХО – ходовое оборудование.

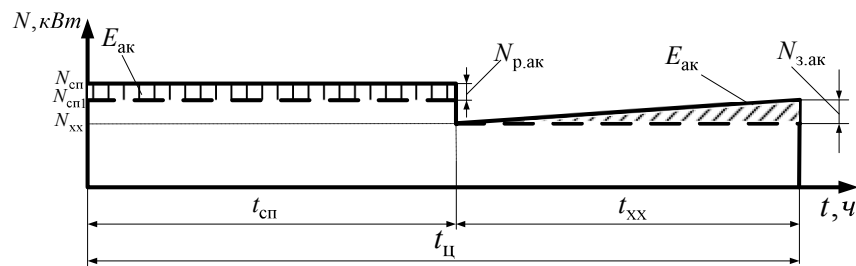


Рис. 6. Циклограмма рабочего процесса автогрейдера с гидроаккумулирующей системой: $N_{спл}$, $N_{спл}$ – мощность, затрачиваемая ДВС при срезке и перемещении грунта рабочим органом без использования гидроаккумулирующей системы и с ее использованием, соответственно; $t_{спл}$ – время срезки и перемещения грунта.

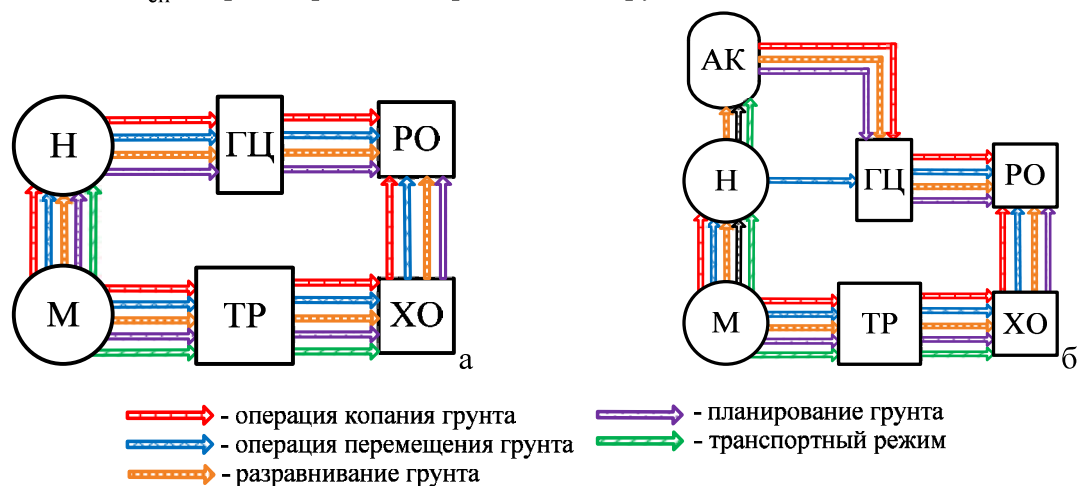


Рис. 7. Схема потоков энергии силовой установки автогрейдера во время рабочего цикла: а – автогрейдер традиционного исполнения; б – автогрейдер с гидроаккумулирующей системой; М – двигатель; ТР – трансмиссия автогрейдера; Н – гидронасос; ГЦ – гидроцилиндр; РО – рабочее оборудование; АК – гидропневмакумулятор; ХО – ходовое оборудование.

и $E_{зр}$ – энергии, затрачиваемые на гидропривод рабочего оборудования при его наполнении и разгрузке соответственно; t_n – время наполнения ковша; t_p – время разгрузки ковша.

Также возможен вариант, когда накопленная в гидропневмоаккумуляторе энергия будет дополнять энергию ДВС, что позволит повысить производительность машины. В случае буксования машины можно распределить большинство мощности ДВС на трансмиссию, а накопленную мощность в ГПА передать на гидросистему. Т.е. уменьшить затраты мощности ДВС на гидросистему и увеличить их на трансмиссию бульдозера. По данным исследований затраты на гидросистему в зависимости от привода трансмиссии, тратится до 50% мощности ДВС.

Теоретически обоснована мощность двигателя, затрачиваемая на зарядку ГПА на холостом (обратном) ходу машины.

За время холостого хода t_{xx} гидронасос должен обеспечить такую подачу Q_n , чтобы подать объем жидкости равный объему гидропневмоаккумулятора $\Delta V_{ак}$ независимо от продолжительности холостого хода.



а



б



в



г

Рис. 8. Бульдозер ДЗ-42Г, оснащенный гидроаккумулирующей системой с установленными датчиками: а – общий вид бульдозера; б – датчики давления в штоковой и поршневой полостях гидроцилиндра; в – датчик давления в рабочей камере ГПА; г – датчик давления в газовой камере ГПА.

$$Q_n t_{xx} = \Delta V_{ак} = const . \quad (18)$$

Мощность ДВС на холостом ходу с зарядкой ГПА

$$N_{ДВЗ_{xx}} = N_{xx} + N_{н.ак} , \quad (19)$$

где $N_{н.ак}$ – мощность, которую должен развить гидронасос для зарядки ГПА.

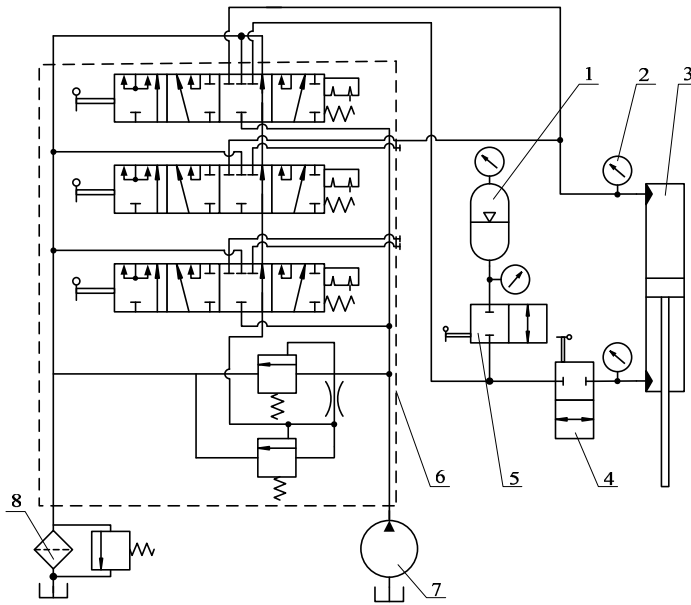


Рис. 9 – Модернизированная гидросхема бульдозера: 1 – ГПА; 2 – датчик давления (ПД 10/2 УХЛ 3.1); 3 – гидроцилиндр; 4, 5 – гидрораспределитель (тип Ду 10); 6 – гидрораспределитель (тип Р75); 7 – гидронасос (тип НШ); 8 – фильтр.

$$\Delta V = \frac{Q_H t_{XX}}{\eta_H} \quad (20)$$

Откуда выразим
необходимую подачу
гидронасоса на этапе зарядки
ГПА

$$Q_H = \frac{\Delta V \eta_H}{t_{XX}}; \quad (21)$$

$$n_H = \frac{1000 Q_H}{q}, \quad (22)$$

где q – рабочий объем
гидронасоса, указывается в его
характеристике.

С достаточной для
практических целей точностью
рекомендованы следующие
параметры ГПА

$$p_{нач} = 0,418 p_{max}; \quad (23)$$

$$p_{min} = (0,5 \dots 0,7) p_{max}; \quad (24)$$

$$p_{нач} = 0,9 p_{min}; \quad (25)$$

$$V_n \geq i f_n h_{max} \cdot \quad (26)$$

На базе лаборатории гидравлики ХНАДУ были проведены испытания бульдозера ДЗ-42Г на базе трактора ДТ-75 с системой аккумуляирования и возврата гидравлической энергии (рис. 8) [5].

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

Задачи исследования: модернизация гидравлической схемы бульдозера; проведение испытаний и установка измерительной аппаратуры; анализ полученных результатов.

Модернизация гидравлической система бульдозера заключалась в подключении гидроаккумулирующей системы в гидролинию штоковой полости гидроцилиндра, отвечающую за подъем отвала (рис.9).

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

Таблица 1.

Технико-экономические показатели исследуемых бульдозеров с неповоротным отвалом

№ п/п	Показатели	Обозначение	Значение показателя		
			Бульдозер без гидроаккумулирующей системы	Бульдозер, оснащенный гидроаккумулирующей системой	Повышение эффективности бульдозера, оснащенного гидроаккумулирующей системой, %
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, л/смен	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_{eo}	17,86	17	4,81

Представленная гидросхема бульдозера (рис. 9) производит выполнение перечисленных этапов следующим образом. В начале первого цикла рабочей смены бульдозера гидропневмоаккумулятор 1 разряжен, т.к. по завершению каждой рабочей смены оператор должен его разгрузить. Для обеспечения выглубления отвала на этапе

копания грунта на первом цикле работ гидронасос 7 подает рабочую жидкость из бака через гидрораспределитель 6 к гидроцилиндру 3 управления подъемом-опусканием отвала через гидрораспределитель 4.

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

На этапе обратного хода бульдозера происходит зарядка гидропневмоаккумулятора 1. 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 ГПА 1, до его полной зарядки. Энергоемкость ГПА выбирается не менее энергозатрат гидронасоса на выглубление отвала на этапе копания бульдозера. Режим работы гидронасоса 7 на этапе обратного хода бульдозера должен обеспечивать полную зарядку ГПА независимо от длины обратного хода.

На следующих этапах копания до конца рабочей смены выглубление отвала обеспечивается с помощью гидроаккумулирующей системы.

Перед началом проведения испытаний бульдозера с системой аккумулирования энергии была проведена расстановка датчиков давления в гидросистеме машины (рис. 8, б, в, г). 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.

Сопоставленные технико-экономические показатели для традиционного бульдозера и для бульдозера с использованием гидроаккумулирующей системы приведены в табл. 1.

Выводы. 1. В настоящее время отсутствуют рекомендации по формированию землеройно-транспортных машин с системами аккумулирования энергии на основе ГПА, а существующие методы либо рассматривают возможность установки таких систем на подъемно-транспортные машины для аккумулирования энергии опускающегося груза, либо рассматривают маховиковые системы, которые весьма неудобны для применения на гидрофицированных ЗТМ, потому как аккумулируют механическую, а не гидравлическую энергию, что обуславливает необходимость дополнительных исследований.

2. Впервые представлен механизм накопления и возврата гидравлической энергии в рабочем цикле бульдозера с целью повышения его производительности, сокращения продолжительности рабочего цикла, снижения часового расхода топлива: накопление энергии осуществляется на режиме холостого (обратного) хода, продолжительность

которого составляет 1/3 рабочего цикла машины, что вполне достаточно для полной зарядки гидроаккумулирующей системы при заданной подаче гидронасоса.

3. Впервые представлена схема потоков энергии ЗТМ циклического действия – бульдозеров, скреперов, автогрейдеров с гидроаккумулирующей системой в течение рабочего цикла, физическая сущность эффективности, которой заключается в прерывании потока энергии от силовой установки к рабочему органу на режимах копания и использования накопленной энергии ГПА.

4. Теоретические исследования показали, что применение гидроаккумулирующих систем на основе ГПА позволяет снизить установленную мощность силовой установки в среднем для бульдозеров на 4-6 %, скреперов на 5-6 %, автогрейдеров на 4-7 %.

5. Научная суть перераспределения потоков энергии заключается в том, что часть энергии на холостом режиме и на транспортном режиме аккумулируется в гидроаккумулирующей системе, минуя движитель, а на режимах копания – накопленная энергия возвращается в общий энергопоток, включая привод движителя.

6. Полученные формулы позволяют определить основные параметры гидроаккумулирующей системы для заданных параметров ЗТМ: объем ГПА определяется

выражением $\Delta V_{ак} = n_{ц} \Delta V$; давление предварительной зарядки $p_{нач} = \left(\frac{n}{zn-1} \right)^{\frac{n}{n-1}} p_{max}$;

время зарядки ГПА $t_3 = t_{xx} = \frac{\Delta V_{ак}}{Q_H}$.

7. Полевые испытания бульдозера с гидроаккумулирующей системой подтвердили его эффективность: увеличение производительности составляет 4,78 % при сокращении времени рабочего цикла на 9,52 % и снижение расхода топлива на 3,59 %.

8. Полученная технико-экономическая модель эффективности бульдозера с гидроаккумулирующей системой позволила оценить производительность, расход топлива, материалоемкость, стоимость производимой продукции для моделей различных типоразмеров ЗТМ при заданных их характеристиках: количество гидроцилиндров, номинальное и максимальное давление в гидросистеме.

9. Оснащение бульдозера ДЗ-42Г гидроаккумулирующей системой обеспечивает улучшение протекания рабочего процесса: распределение мощности двигателя в рабочем цикле имеет более равномерный характер, сократилась длительность рабочего цикла (на 9,52 %) из-за увеличения скорости подъема отвала, одновременно с этим снизились удельные энергоемкость (на 7,7 %) и материалоемкость (на 7,1 %), а общий и удельный расход топлива уменьшились, соответственно, на 3,6 % и 14,3 %, при этом снизились удельный расход топлива на единицу мощности двигателя бульдозера (на 2,8 %) и общий расход топлива на единицу производительности (на 7,52 %).

Внедрение на бульдозере ДЗ-42Г гидроаккумулирующей системы обеспечивает годовой экономический эффект, составляющий 118855 грн. (это составляет 27,4% её стоимости).

К направлениям дальнейших исследований следует отнести: исследование применения автоматической муфты, регулирующей включение-отключение гидронасосов в зависимости от режима накопления энергии; установление эффективности применения гидроаккумулирующей системы на землеройных машинах непрерывного действия; распространить применение гидроаккумулирующих систем на машинах циклического и непрерывного действия в строительной индустрии: грузоподъемные краны, дробилки, конвейеры и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хмара Л.А. Повышение эффективности бульдозера путем использования гидроаккумулирующей системы / Л.А. Хмара, А.П. Холодов // Строительные и дорожные машины и оборудование. – 2012. – №3 – С. 33-37.

2. Хмара Л.А. Испытания бульдозера с системой аккумуляции энергии / Л.А. Хмара, А.П. Холодов // Сб. науч. тр.: Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Подъемно – транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование. – 2011. – №63 – С. 61-68.

3. Хмара Л.А. Исследования эффективности применения гидроаккумулирующей системы на бульдозерном оборудовании Л.А. Хмара, А.П. Холодов // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини: всеукр. міжвід. зб. наук. пр. / Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. – К.: КНУБА, – 2011. – Вып. 78 – С. 89-94.

4. Хмара Л.А. Полевые испытания бульдозера с аккумулятором энергии // Л.А. Хмара, А.П. Холодов // Зб. наук. пр. Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво.– Полтава: ПолНТУ- 2011.- Вып. 23. Том 2. С. 99-103.

5. Хмара Л.А. Распределение силовых потоков в рабочем цикле землеройно-транспортных машин, оснащенных гидроаккумулирующей системой / Л.А. Хмара, А.П. Холодов // Вестник ХНАДУ. Сб. науч. тр., - Харьков: ХНАДУ. – 2012 - Вып. 25. С. 54-58.

6. Холодов А.П. Особливості застосування в гідросистемах бульдозерів гідропневмоаккумуляторів / А.П. Холодов / Інформаційні технології: наука, техніка, освіта, здоров'я: Тези доповідей XVIII міжнародної науково-практичної конференції. – Харків: НТУ «ХПІ». 12-14 травня 2010 р. – С. 154.