

## Современные аспекты модернизации объемных гидроприводов кузнечно-прессового оборудования

### Modern aspects of modernization of volumetric hydraulic drives press-forging equipment

Г. А. Аврунин, канд. техн. наук, Ю. В. Рыжков, канд. техн. наук, И. И. Мороз,  
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет,  
С. М. Вивчар, ООО СКТЕ «Гидромодуль», Харьков

**Цель.** Анализ характеристик объемных гидроприводов кузнечно-прессового оборудования, эксплуатируемых в Украине. Усилия гидроцилиндров составляют от 6300 кН до 39000 кН, а крутящий момент гидромоторов винтовых прессов и ковочных манипуляторов находится в диапазоне от 16 кНм до 100 кНм. Установлено, что гидроустройства изготовлены более 35 лет тому назад, в том числе, насосы отечественными предприятиями, а гидромоторы аксиально-и радиальнопоршневого типов за рубежом. Ряд гидроаппаратов является уникальным, так как они выпускались непосредственно изготовителями прессов. Уровень рабочих давлений в гидроприводах прессов не превышает 20 МПа. В настоящее время золотниковые реверсивные гидрораспределители с условным проходом 50 мм и более сняты с производства.

**Методы исследований.** Изучение конструкций поршневых групп аксиально-и радиальнопоршневых насосов в свете повышения рабочих давлений. На конкретном прессе приведены возможности его модернизации путем ремонта или замены насосов на более совершенные с повышенным уровнем давления до 40 МПа и дистанционными электрогидравлическими системами регулирования рабочего объема, автоматизирующими управление прессом и энергосбережение.

**Результаты исследований.** Рекомендованы возможности упрощения гидравлической принципиальной схемы пресса путем использования вставной гидроаппаратуры и гидрораспределителей с электромагнитным пропорциональным управлением. Приведена схема работы оригинального предохранительного клапана непрямого действия рычажно-грузового типа, предназначенного для ускорения ходов гидроцилиндров в гидроприводе пресса с гидропневмоаккумулятором.

**Заключение.** Даны сведения об отечественных предприятиях, занимающихся ремонтом и модернизацией гидроприводов.

**Ключевые слова:** кузнечно-прессовое оборудование, объемный гидропривод, насос, гидромотор, гидроаппаратура, ремонт, модернизация.

#### Введение

В настоящее время на предприятиях тяжелого машиностроения Украины используется кузнечно-прессовое оборудование с объемным гидроприводом рабочих органов, изготовление которого относится к 1960–1980 годам. При этом использовались преимущественно комплектующие гидрооборудования, разработанные специалистами ВНИИГидропривода (г. Харьков) и ЭНИМСа (г. Москва) и освоенные серийно предприятиями объединения «Главгидравлика» (позднее «Союзгидравлика») Всесоюзного министерства станкостроения, а также разработки конструкторов заводов-изготовителей прессов в части нестандартных гидроаппаратов. Гидрооборудование таких прессов морально устарело и изношено, вызывает простои из-за поломок и характеризуется большими эксплуатационными затратами. Поэтому специалистам по ремонту и модернизации объемных гидроприводов прессов необходимо на основе изучения гидравлических принципиальных схем определять технические характеристики гидроустройств, цикл работы объемных гидроприводов, используемый сорт рабочей жидкости и средства ее кондиционирования в части фильтрации и охлаждения. Эти данные позволят на основе знания номенклатуры гидроустройств отечественного и зарубежного производства перейти к подбору аналогов.

Функционально-стоимостной анализ даст возможность принять оптимальное решение при выборе конкретного гидроустройства. На начальном этапе работы вызывает трудности идентификация применяемых гидроустройств, которые до 1970-х лет изображались на гидросхемах в полуконструктивном виде, существенно отличаясь от графических условных обозначений, регламентируемых соответствующими нормативными документами [1, 2]. При проведении работ, связанных с испытаниями отремонтированных гидроустройств, следует соблюдать требования действующих стандартов в части методов испытаний и требований безопасности [2], и современных правил использования гидроустройств [3].

## Постановка задачи

В статье на основе изучения каталогов гидравлического оборудования ранних лет [4—7] и номенклатуры ведущих отечественных и зарубежных производителей проведен сравнительный анализ развития насосов и гидроаппаратуры, используемых преимущественно для прессов объемных гидроприводов.

## Основная часть

Рассмотрим основную номенклатуру используемого гидрооборудования в объемных гидроприводах прессов. В таблице 1 приведены характеристики объемных гидроприводов прессов, эксплуатирующихся в Украине, анализ которых с целью проведения ремонта и модернизации проводился авторами настоящей статьи. Основным рабочим органом объемных гидроприводов прессов для холодной обработки металла являются гидроцилиндры плунжерного типа, а системы питания гидравлической мощности обеспечиваются поршневыми насосами различных конструкций. Для установок, использующих объемные гидроприводы для создания испытательного для труб давления, дополнительно к насосам устанавливаются мультипликаторы, позволяющие повысить давление в 4—5 раз. Так как усилие и скорость поршня пропорциональны давлению и расходу рабочей жидкости, и для рабочих режимов обеспечиваются насосами высокого давления, то от технического уровня последних зависели такие важные показатели прессов как материалоемкость и стоимость гидрооборудования. Ограниченность закупок по импорту ставили перед отечественными конструкторами задачи создания насосов соответствующей мощности. Флагманом отечественного насосостроения для кузнечно-прессового оборудования являлся Харьковский завод «Гидропривод».

**Таблица 1 — Основные характеристики прессов с объемным гидроприводом**

Шифр пресса	Усилие, кН	Гидро-цилиндры	Подача / давление	Насосы	Мощность э/д, кВт
1. П6738	6300	Ф630х1000	50 / 20	НПС-50	25 кВт, 960 мин <sup>-1</sup>
2. П233А	8300	3хФ420,	800 / 20	НРР-500, 2 шт.	2 х 132 кВт, 960 мин <sup>-1</sup>
3. П225	31250	3хФ850,	1200 / 20	НРР-400, 3 шт.	3 х 125кВт, 985 мин <sup>-1</sup>
4. П8844, ПА8744	25000	1хФ940	1800 / 36	НА4М-450/320 НАС-450/320	4 х 300 кВт
5. АСЕА	39000	1хФ1000	/ 50	Towler	—
6. П9041М	70 МПа*	МПК Ф750хФ355 мм	/ 20 МПа + МПК	НРР-500, 3 шт. НРР-500, 3 шт. Н401Е, 2 шт.	3х125 кВт, 3х55 кВт, 2х13 кВт
7. П9432М	70 МПа*	МПК Ф710хФ305 мм	/ 32 МПа + МПК	НА-400/320, 2 шт. НА-125/320, 1 шт. НА-0.016/32, 3 шт.	2х125 кВт, 1х75 кВт, 3х55 кВт

Примечания: 1. Изготовители: П6738 — «Тяжпрессмаш» (г. Рязань), 1965г., П233А — «Тяжпрессмаш» (г. Рязань), 1984г., П225 (1965 г.), ПА8744 (1980 г.), П8844 (1984 г.), П9041М (1971г.), П9432М (1972 г.) — Коломенский станкозавод (ЗТС), АСЕА — Швеция, 2. НРР — радиальнопоршневые насосы, НА4М и НАС — аксиальнопоршневые насосы с наклонным диском, 2.\*) Пресс для гидравлических испытаний труб давлением 70 МПа с помощью мультипликатора (МПК), 3. Подача [л/мин] / Давление [МПа].

1. Общая характеристика объемных гидроприводов для прессов (таблица 1) включает параметры гидроцилиндров, насосов и мощностей приводящих электродвигателей.

Усилия, развиваемые прессами от 6300 кН до 39000 кН, объемных гидроприводов прессов 1—3 и 6 создаются на рабочем давлении до 14 МПа, прессовое оборудование 4 и 7 на рабочем давлении до 25 МПа, и только объемный гидропривод пресса 5 импортного производства — на рабочем давлении до 40 МПа, т.е. соблюдается обычно применяемое в стационарных объемных гидроприводах [8] соотношение между рабочим и номинальным (максимальным) давлением в 75%, что способствует повышению долговечности насосов. Мощность приводящих насосы электродвигателей находится в диапазоне от 25 кВт до 1200 кВт.

В дополнение к приведенным объемным гидроприводам отметим, что в ковочных прессах-манипуляторах фирмы *Gelsenkirchen* на Николаевском ОАО «Заря-Машпроект» применяется объемный гидропривод вращательного движения, в котором шесть аксиальнопоршневых гидромоторов с наклонным блоком цилиндров типа TF50 фирмы *VON ROLL AG* (Швейцария) приводят во вращение центральную шестерню [2]. Мощность, развиваемая одним гидромотором с рабочим объемом 865 см<sup>3</sup> при крутящем моменте 2744 Нм (при номинальном давлении 21 МПа и гидромеханическом КПД = 0,95) и частоте вращения 640 мин<sup>-1</sup> составляет 184 кВт, а суммарная шести гидромоторов достигает 1100 кВт.

В ковочных манипуляторах фирмы *Davy-Loewy* для привода передвижения и вращения заготовки массой до 120 т применяются аксиальнопоршневые насосы модели A2V915 фирмы *M. Rexroth* и радиальнопоршневые гидромоторы однократного действия модели МН 373-JC-G4 фирмы *Sundstrand* [2]. Суммарный крутящий момент четырех гидромоторов с рабочим объемом 6112 см<sup>3</sup> и перепадом давлений 28 МПа составляет 100 кНм.

2. Насосы высокого давления. Рост максимальных давлений насосов повышался с 20 МПа до 32 МПа и этот переход связан прежде всего с созданием конструкций, когда на смену радиальнопоршневым насосам эксцентрикового типа с точечным касанием головок поршней реактивных колец (модели НРР) пришли аксиальнопоршневые насосы типа НА с гидростатической разгрузкой подпятников и радиальнопоршневые с клапанным распределением типа 50НР(Р). Все эти насосы разработаны специалистами ВНИИГидропривод (г. Харьков) [4, 5].

3. Вопросы модернизации объемных гидроприводов прессов рассмотрим на практическом примере. На рисунке 1, а изображена гидравлическая принципиальная схема пресса П233А с максимальным усилием 31500 кН, в котором усилие прессования создается плунжерными гидроцилиндрами Ц1—Ц3, а подъем пуансона обеспечивается плунжерными гидроцилиндрами Ц4 и Ц5. Гидрораспределитель Р1 трехпозиционного пятилинейного типа направляет потоки рабочей жидкости к гидрораспределителям Р2 и Р3. Гидрораспределитель Р2 обеспечивает подвод рабочей жидкости к гидроцилиндру Ц2, создавая минимальное усилие прессования, в гидроцилиндры Ц1 и Ц3 (второе по значению усилие прессования) и максимальное усилие прессования при подводе рабочей жидкости во все три гидроцилиндра Ц1—Ц3, когда золотник находится в нейтральном положении, как показано на рисунке 1. При подводе рабочей жидкости к гидрораспределителю Р3 обеспечивается подъем вверх гидроцилиндров Ц4 и Ц5 и вытеснение рабочей жидкости из гидроцилиндров Ц1—Ц3.

Для снижения гидроударов в объемных гидроприводах с помощью дросселей ДР1—ДР3 обеспечивается демпфирование потоков рабочей жидкости. Рассмотренная схема является упрощенной, на которой не показаны насосные установки, системы защиты от перегрузок, питания пилотных гидрораспределителей управления основными золотниками Р1—Р3, ускоренных ходов гидроцилиндров с помощью гидропневмоаккумулятора и гидроклапанов наполнения, системы контроля параметров и системы кондиционирования рабочей жидкости, включающей гидробак, фильтры и маслоохладители.

Появление на рынке гидрооборудования с электромагнитным пропорциональным управлением и логических гидроклапанов вставного присоединения (в отечественной номенклатуре получили шифр МКГВ [7]) позволяет существенно упростить конструкцию объемного гидропривода пресса за счет сокращения количества используемых гидроустройств (на рисунке 1, б таких гидроустройств три вместо шести, показанных на рисунке 1, а), автоматизировать процесс управления прессом и снизить динамическую нагруженность гидроустройств и конструктивных элементов пресса. Так гидрораспределитель Р1 позволяет дросселировать поток рабочей жидкости на выходе (сливе) в линиях Т1 и Т2, что позволяет отказаться от дросселей ДР1 и ДР2, и в тоже время дросселировать поток А1, исключив гидрораспределитель Р3 и регулируемый дроссель ДР2.

На рисунке 2 показаны поршневые группы аксиально-и радиальнопоршневых насосов в свете эволюции их развития, связанной с повышением давления, а в таблице 2 приведена информация о применяемых типах насосов и их некоторых технических характеристиках.

В аксиальнопоршневых насосах с наклонным диском поршни с точечным контактом и диаметром головки поршня, равным диаметру поршня (рисунок 2, а), ограничивали максимальное давление значением 12 МПа.

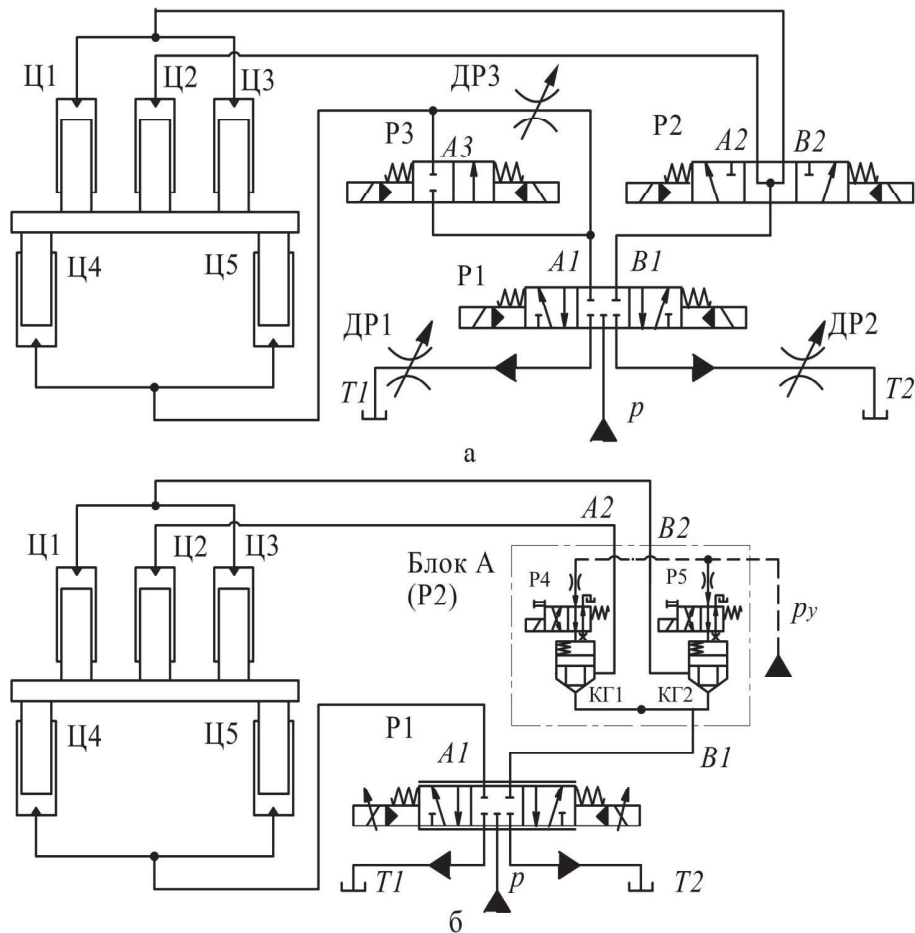


Рисунок 1 — Гидравлические принципиальные схемы пресса П225:  
а — штатная (1958 г.); б — предложенная для модернизации

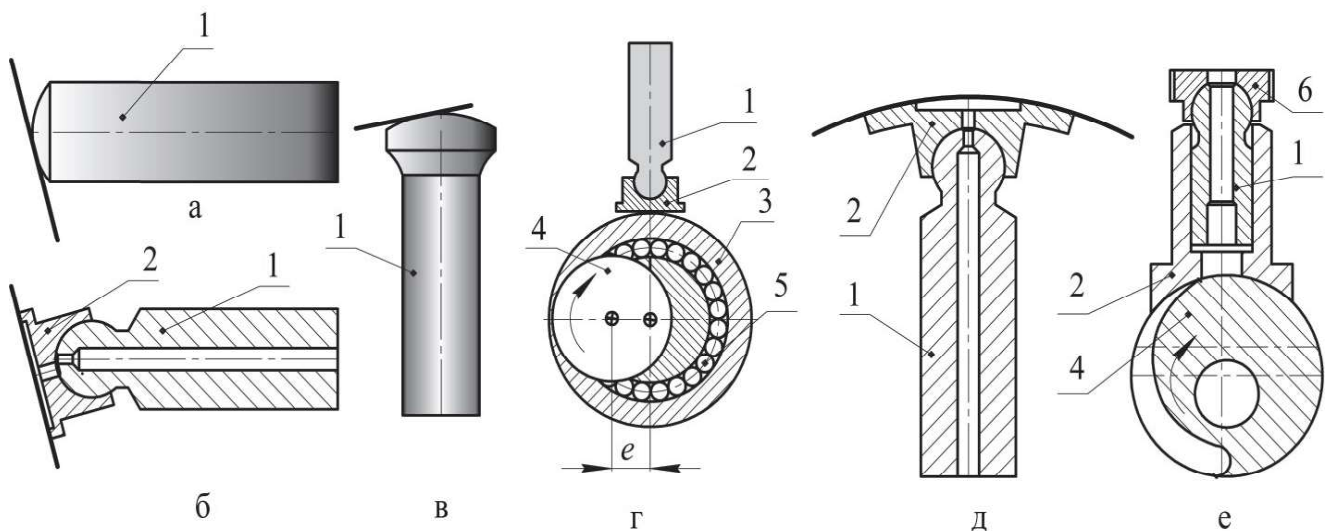


Рисунок 2 — Поршневые группы насосов с учетом их исторического развития:  
1 — поршень, 2 — подпятник (б, д, е — с гидростатической разгрузкой),  
3 — обойма эксцентрикового вала 4, 5 — роликовый подшипник, 6 — сферическая опора поршня 1

Переход на конструкцию с гидростатическими подпятниками (рисунок 2, б) позволил за последние 50 лет поэтапно поднять рабочее давление в аксиальнопоршневых гидромашинах с 20 до 50 МПа. Грибообразная головка поршня большего диаметра, чем сам поршень (рисунок 2, в), позволила поднять максимальное давление в аксиально- и радиальнопоршневых насосах до 25—32 МПа. Этот предел по давлению заставил конструкторов искать технические решения в радиальнопоршневых гидромашинах двумя путями: при установке на эксцентриковый вал 4 обоймы 3 на роликовом подшипнике 5, что ограничивает скольжение подпятника 2 поршня 1 и позволяет поднять давление до 40 МПа (рисунок 2, г), по аналогии с аксиальнопоршневыми гидромашинами создавать пару поршень 1 с гидростатически разгруженным подпятником 2 в конструкциях с вращающимися вместе с блоком цилиндров поршнями (рисунок 2, д) и неподвижным блоком цилиндров и вращающимся эксцентриковым валом 4, причем получили распространение конструкции насосов с клапанным распределением рабочей жидкости, в которых всасывание осуществляется через паз в эксцентрикe (рисунок 2, е).

**Таблица 2 — Применяемость поршневых групп насосов (рисунок 2)**

Рисунок 2 (№ насоса)	Раб.об., см <sup>3</sup>	Давление, МПа	Подача, л/мин	Шифр гидро- машины	Масса, кг	Изготовитель, год 19...
2, а (1)	71	6,3/12,5	100	2Г15-14	25	ШЗГ — 50
2, а (2)	160	6,3/12,5	154	Г15-25Р	37	ШЗГ — 50
2, б (3)	224	32/40	200	НА...74-224	340	ХЗГ — 70
2, б (4)	456	42/45	821	A4VB	420	RBG — 95
2, б (5)	605	35/40	1000*	A4VSO	1000	RBG — 95
2, в (6)	6,3	20/32	7,5	КА 80.11	15,3	ДГУМаш — 75
2, в (7)	500	20/20	400	HPP-500	1660	ХЗГ — 60
2, г (8)	865	16/20	865	Н 518	1500	ХЗГ,ЛАЗ — 60
2, г (9)	1250	20/25	1100	HP1250/200	2260	ХЗГ,ЛАЗ — 60
2, г (10)	25	32/40	34	H403Y	47,5	ЕЗГ — 60
2, б (11)	40	35/40	104	A4VSO	39	RBG — 95
2, д (12)	1015	35/50	1000*	RX 500	2150	Wepuko — 95
2, д (13)	505	35/50	505*	RX 25013 и	930	Wepuko — 95
2, е (14)	1250	32/40	1100	HP-2-1250	1100	ХЗГ — 85
2, е (15)	500	50/63	423	50HPP-500	460	ХЗГ — 85
2, в (16)	50	20/22	50	НПС-50	335	ХЗГ — 65
2, б (17)	63	21/25	75 макс.	PVC1.63	22,5	Гидрос — 2010

Безусловно, впечатляют достигнутые результаты по совершенствованию конструкций насосов. Например, самый распространенный и по настоящее время используемый в прессах насос ННР-500(7) на давление 20 МПа имеет массу в 1660 кг, а его преемники такого же рабочего объема, но уже на максимальное давление 45—63 МПа (№№ 4, 13 и 15) имеют массу 420, 930 и 460 кг, соответственно. Радиальнопоршневой насос Н403У(10) с рабочим объемом 25 см<sup>3</sup> на максимальное давление 40 МПа имеет массу 47,5 кг, а аксиальнопоршневой насос с наклонным диском и массой в 39 кг А4VSO(11) имеет рабочий объем в 40 см<sup>3</sup>, т.е. в 1,6 раза больше при таком же давлении.

Насос без гидростатической разгрузки поршней HP1250/200(9) массой в 2260 кг на максимальное давление 25 МПа уступает существенно модели HP-2-1250(14), масса которой 1110 кг, а максимальное давление 40 МПа.

В настоящее время уровень давлений в 40—50 МПа освоен не только радиальнопоршневыми насосами и аксиальнопоршневыми с наклонным диском, но и насосами с наклонным блоком цилиндров [9—14]), причем в этом направлении следует подчеркнуть достижения отечественных специалистов. Гидромашины такого типа находят преимущественное применение в мобильной технике [8]), однако могут использоваться и в объемных гидроприводах прессов благодаря существенно более высокому номинальному давлению, чем рабочее (около 14 МПа) в прессах. Такой запас по давлению позволит обеспечить надежность объемных гидроприводов прессов, а доступность закупок без таможенной очистки, существенно более низкая цена по сравнению с импортными

образцами (в 3—5 раз) и развитая инфраструктура ремонтных предприятий позволяет считать такое направление модернизации перспективным.

Следует также отметить, что переход на регулируемые насосы с автоматическими регуляторами типа «постоянства давления» является резервом энергосбережения. Касательно применяемых в ковочных манипуляторах фирмы *Gelsenkirchen* аксиальнопоршневых гидромоторов с наклонным блоком цилиндров в связи с приостановкой производства модели TF50 фирмы *VON ROLL AG* практически единственной возможностью поддержания технического состояния объемных гидроприводов является ремонт, освоенный харьковским предприятием «Промгидропривод» [15]. Широкий ассортимент гидроустройств для модернизации объемных гидроприводов прессов поставляет харьковское предприятие «Мотор-импекс» [16]. Ремонт насосов типа НРР-400 и гидроаппаратов осуществляет харьковское конструкторско-технологическое бюро СКТБ «Гидро модуль» [17].

При ремонте и последующей наладке объемных гидроприводов прессов возникают проблемы, связанные с настройкой работы системы быстрых ходов плунжерных гидроцилиндров, обеспечиваемой гидропневмоаккумуляторами без разделения сред и клапанами наполнения. В состав системы быстрых ходов входят предохранительно-переливные клапаны низкого давления (до 0,3 МПа). Эти клапаны относятся к комбинированному типу, сочетающему пружину и рычажно-грузовое устройство. Кроме того, видимо трудности в настройке клапана, привели к необходимости установки регулируемого дросселя между подклапанной и надклапанной полостями, обычно выполняемого в виде дросселя (жиклера) постоянного сечения.

Переливной клапан непрямого действия рычажно-грузового типа модели П272.23.01 с условным проходом 150 мм используется в прессах на давлении порядка 0,3 МПа, что существенно ниже, чем в серийных клапанах пружинного типа (обычно более 10 МПа). Только диаметр пилотного клапана равен 32 мм.

На рисунке 3 показана расчетная схема предохранительного клапана непрямого действия рычажно-грузового типа [18], включающего основной клапан 1, в центральной расточке которого размещен золотник 2 с плоским пилотным клапаном 3. Пилотный клапан 3 при закрытии опирается на седло 4. Дополнительно в конструкцию введена пружина 5 для предварительного поджима пилотного клапана к седлу 4. Дроссель ДР с регулируемым сечением для прохода рабочей жидкости обеспечивает необходимый дисбаланс сил на основном клапане 1, способствующий его открытию (перемещению вверх, как показано на рисунке).

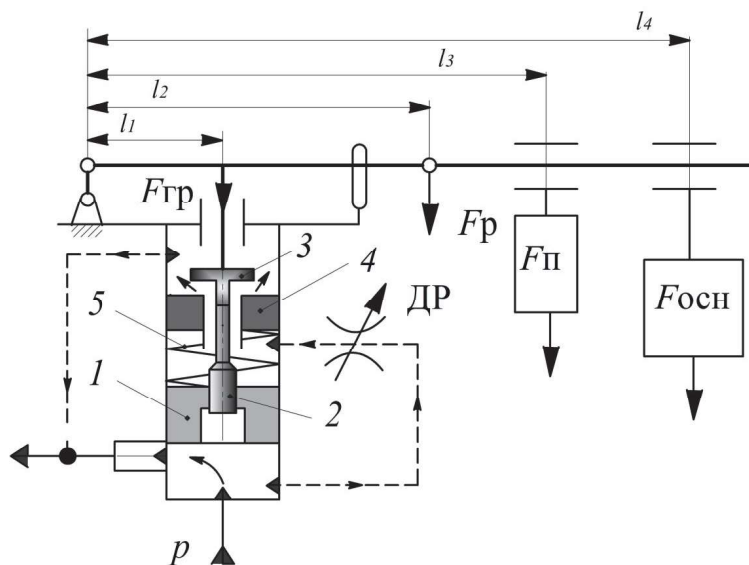


Рисунок 3 — Схема сил, действующих в предохранительном рычажно-грузовом клапане непрямого действия при его полном открытии

Рычажно-предохранительные клапаны относятся к малоподъемным пропорциональным клапанам, в которых подъем клапана осуществляется пропорционально повышению давления в объемных гидроприводах.

Условие закрытия рычажно-предохранительного клапана [18]

$$F_{р.в} + F_{упл} = F_{р.н} + F_{вн} + F_{р.в}, \quad (1)$$

где  $F_{р.в}$  — сила, создаваемая давлением рабочей жидкости под клапаном,  $F_{упл}$  — дополнительное усилие, необходимое для создания герметичности в зазоре между седлом и клапаном,  $F_{р.н}$  — сила, создаваемая давлением рабочей жидкости над клапаном,  $F_{р.н}$  — сила, действующая на клапан со стороны груза,  $F_{п.к}$  — сила со стороны подвижных частей клапана.

Для схемы рычажно-предохранительного клапана, имеющего кроме основного груза дополнительный регулирующий груз, усилие, передаваемое на клапан, определяется из выражения

$$F_{\text{гп}} = \frac{F_{\text{р}}l_2 + F_{\text{п}}l_3 + F_{\text{осн}}l_4}{l_1}, \quad (2)$$

где  $F_{\text{р}}$  — вес рычага,  $F_{\text{п}}$  — вес подвижного груза,  $F_{\text{осн}}$  — вес основного груза,  $l_1$ ,  $l_2$ ,  $l_3$  и  $l_4$  — расстояние от оси качания рычага до точки приложения соответствующего груза.

Расчетные соотношения параметров предохранительных клапанов приведены в работе [19], а анализ динамических характеристик — в работе [20].

Следует также отметить, что современные методы решения задач динамики гидропривода позволяют уже на этапе его модернизации дать оценку динамическим нагрузкам на гидроцилиндры и насосы и выявить резервы их снижения. Эти возможности появились благодаря появлению уточненных математических моделей объемных гидроприводов и прикладных пакетов вычислительных программ, например, с помощью пакета VisSim [21]. Используемые в модернизированных объемных гидроприводах устройства электрогидроавтоматики в насосах и гидрораспределителях позволяют регламентировать режимы регулирования подачи рабочей жидкости во времени, способствуя снижению интенсивности гидроударов и повышению долговечности объемных гидроприводов в целом. Целью динамического анализа является моделирование работы объемного гидропривода с определением колебаний давления рабочей жидкости и скорости гидроцилиндров. Математическая модель составляется на основе закона Паскаля, уравнения неразрывности и третьего закона механики Ньютона, и имеет следующий вид

$$p = \int_0^t A dt; \quad v = \int_0^t B dt; \quad y = \int_0^t v dt. \quad (3)$$

где  $p$ ,  $v$  и  $y$  — давление, скорость и перемещение гидроцилиндров, соответственно,  $A$  и  $B$  — совокупность параметров, которыми предварительно задаются (масса рабочего органа, диаметр поршня гидроцилиндра, модуль упругости и начальные объемы рабочей жидкости в поршневых полостях), и переменные от времени разгона объемных гидроприводов: силы жидкостного и полусухого трения в гидроцилиндрах, усилие внешнего нагружения и расход рабочей жидкости через гидрораспределитель, которые при линейном законе имеют вид

$$F_{\text{зн}} = \begin{cases} k_{\text{зн}} \cdot t & \text{при } 0 \leq t \leq t_0, \\ F_{\text{зн}} & \text{при } t \geq t_0, \end{cases} \quad Q_{\text{р}} = \begin{cases} k_{\text{р}} \cdot t & \text{при } 0 \leq t \leq t_0, \\ Q_{\text{р}} & \text{при } t \geq t_0, \end{cases} \quad (4)$$

где  $k_{\text{зн}} = F_{\text{зн}} / t_0$ ,  $k_{\text{р}} = Q_{\text{р}} / t_0$  — скорость нарастания нагрузки и расхода рабочей жидкости на линейном участке, соответственно, экспоненциальный закон или графически построенная характеристика с помощью блока «тар».

Расчеты и их интерперетация на плотерах позволяют выявить оптимальный режим задания нарастания расхода рабочей жидкости, при котором давление при пуске объемных гидроприводов минимально по отношению к установившемуся. При возможности глубокой модернизации гидросистем прессов диаметры трубопроводов могут быть изменены [22], а математическая модель в части объема сжимаемой рабочей жидкости в объемных гидроприводах уточнена.

## Выводы

1. Анализ объемных гидроприводов прессов в Украине показал, что до сих пор широко применяются снятые с производства аксиально-и радиальнопоршневые насосы и гидроаппараты. Поддержание технического состояния и модернизация таких прессов может осуществляться путем ремонта или закупки современных комплектующих. Отечественными и зарубежными предприятиями выпускаются насосы и гидроаппараты, которые позволяют поднять технический уровень прессов путем повышения долговечности, автоматизации управления и снижения энергозатрат в объемном гидроприводе.

При этом должно уделяться внимание расчетам динамики гидропривода, позволяя оптимизировать его работу путем снижения колебаний давления.

2. В настоящее время харьковскими предприятиями освоен ремонт радиальнопоршневых насосов типа НРР-400 и гидромоторов аксиальнопоршневого типа модели TF50 фирмы *VON ROLL AG* и радиальнопоршневого типа модели МН 373-JC-G4 фирмы *Sundstrand*.

3. Широкий ассортимент импортных гидроустройств поставляет предприятие «Мотор-импекс».
4. При модернизации объемного гидропривода прессов проводится комплексное изучение гидравлической принципиальной схемы, подбор комплектующих, удовлетворяющих технологическому циклу работы пресса, монтаж, наладка и ввод в эксплуатацию модернизированного гидропривода, разработка для него эксплуатационной документации и техническая учеба специалистов предприятия.

### Литература

1. Fluid power systems and components ISO 1219-1— Graphic symbols and circuit diagrams — Part 1 : Graphic symbols for conventional use and data-processing applications. ISO 1219-12-1:2006 (E/F). — 88 p.
2. Аврунин, Г. А. Эксплуатация гидравлического оборудования строительных и дорожных машин: учебное пособие / Г. А. Аврунин, И. Г. Кириченко, В. Б. Самородов, под ред. Г. А. Аврунина. — Х.: ХНАДУ, 2013. — 438 с.
3. Гідроприводи об'ємні. Загальні правила застосування (ISO 4413:1998, IDT). — [Чинний з 2002-09-01]. ДСТУ ISO 4413:2002. — Київ : — 2005. — 34 с. — (Держспоживстандарт України).
4. Гидравлическое оборудование: каталог-справочник в 2-х ч. / ВНИИГидропривод. — М.: 1967. — Ч.1 — 400 с. — Ч.2 — 350 с.
5. Гидравлическое оборудование: кат. / ВНИИГидропривод. — М.: ВНИИНмаш, 1978. — 266 с.
6. Гидравлическое оборудование. Часть 1: Отрасл. кат. / ВНИИГидропривод. — М.: ВНИИТЭМР, 1991. — 196 с.
7. Гидравлическое оборудование. Часть 2: Отрасл. кат. / ВНИИГидропривод. — М.: ВНИИТЭМР, 1992. — 224 с.
8. Гідроприводи об'ємні та пневмоприводи. Частина 1. Загальні поняття. Терміни та визначення (ДСТУ 3455.1-96). — [Чинний від 1998-01-01]. — 48 с. — (Держспоживстандарт України).
9. Hydraulic Motor/Pump Series F11/F12 Fixed Displacement. — PARKER HYDRAULICS, HY17-8249/UK, October, 2000 — 31p.
10. Мобильная гидравлика, мобильная электроника, приводы. Обзор программы. (на русском языке). Rexroth Bosch Group. The Drive & Control Company RRS 90 112/08.02. Printed in Poland. — 88с.
11. Bent-axis pumps and motors. Аксиальнопоршневые насосы и гидромоторы с наклонным блоком серии BF10/BF20/BV10. Гидросила, Украина, Кировоград (Кропивницький). — Каталог 022015. — 60 с.
12. Гидропривод. Основы и компоненты. Учебный курс по гидравлике, том № 1, заказной номер — RRS, издание 3.1. 2003 г. Издание 2 (на русском языке), Издатель: Бош Рексрот АГ Сервис Автоматизация Дидактика 64711, г. Эрбах, Германия. — 322 с.
13. ОАО «Стройгидравлика»: Каталог изделий : [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://www.stroygidravlika.com.ua>. — 31.03.2012. — Одесса : — 58 с.
14. ОАО «Пневмостроймашина» PSM-Hydraulics: Каталог продукции : [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.psm-hydraulics.ru>. — 29.03.12. — Екатеринбург : — 282 с.
15. Промгидропривод, ООО / <http://promgidroprivod.com.ua>.
16. Технический каталог 3/2013 / PONAR Wadowice S.A. // Polska mining, 2013. — 1386 с.
17. Гидро модуль, ООО / <http://Hydromodul.com>.
18. Кондратьева, Т. Ф. Предохранительные клапаны / Т. Ф. Кондратьева —Л.: Машиностроение, 1976. — 232 с.
19. Аврунін, Г. А. Основи об'ємного гідропривода і гідропневмоавтоматики: (навчальний посібник) / (Г. А. Аврунін, І. Г. Кириченко, І. І. Мороз), під ред. Г. А. Авруніна. — Харків : ХНАДУ, 2009. — 424 с.
20. Лурье, З. Я. Динамика гидропривода в режиме перегрузки с предохранительным клапаном непрямого действия / З. Я. Лурье, А. И. Гасюк // Вестник Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт». Машиностроение. — Сумы: СумГУ. — 2000. — № 38. — С. 93—97.
21. Лурье, З. Я. Динамика двухмерной системы управления мехатронного гидроагрегата навесным оборудованием трактора / З. Я. Лурье, Е. Н. Цента, А. И. Панченко // Промислова гідравліка і пневматика. — 2017. — №3(57). — С. 29—46.
22. Корчак, О. С. Розвиток методів конструювання гідроліній та їх розведень у системах керування гідравлічними пресами / О. С. Корчак // Промислова гідравліка і пневматика. — 2019. — №1(63). — С. 9—16.

### References

1. Fluid power systems and components ISO 1219-1— Graphic symbols and circuit diagrams — Part 1 : Graphic symbols for conventional use and data-processing applications. ISO 1219-12-1:2006 (E/F). — 88 p.
2. Avrunin, G. A., Kirichenko, I. G. & Samorodov V. B. (2013). *Ekspluatatsiya gidravlicheskogo oborudovaniya stroitelnykh i dorozhnykh mashin* [Operation of hydraulic equipment of construction and road machines: a tutorial] G. A. Avrunin (Ed.) — Kharkov: KhNADU. [In Russian].
3. Gidroprivody obemni. Zagalni pravila zastosyuvannya [Volumetric hydraulic drives. General rules of application] (2005) — . DSTU ISO 4413:2002 From 1-st September 2002. Kyiv : Derzhspozhivstandart Ukraine [In Ukrainian]
4. VNIIGidroprivod. (1967). *Gidravlichesкое oborudovanie: katalog-spravochnik v 2-kh ch.* [Hydraulic equipment: catalog-reference] (Vol. 1—2). Moscow: VNIIGidroprivod. [In Russian].

5. VNIIGidropriwod. (1978). *Gidravlicheskie oborudovanie: katalog. [Hydraulic equipment: catalog] (Vol. 1—2)*. Moscow: VNIIMash. [In Russian].
6. *Gidravlicheskie oborudovanie: Chast 1: Otrasl. Kat. / VNIIGidropriwod.* — M.: VNIITEMR, 1991. — 196 s.
7. *Gidravlicheskie oborudovanie: Chast 2: Otrasl. Kat. / VNIIGidropriwod.* — M.: VNIITEMR, 1992. — 224 s.
8. *Gidroprirody obemni ta pnevmoprirody. Chastyna 2. Zagalni ponyattya. Terminy ta vuznachennya (DSTU 3455.1-96)*. [Chinnyy vid 1998-01-01]. — 48 s. (Derzhspozhivstandart Ukrainy).
9. *Hydraulic Motor/Pump Series F11/F12 Fixed Displacement.* — PARKER HYDRAULICS, HY17-8249/UK, October, 2000 — 31 p.
10. Mobilnaya gidravlika, mobilnaya elektronika, privody. Obzor programy (na russkom yazyke). Rexroth Bosch Group. The Drive & Control Company RRS 90 112/08.02. Printed in Poland. — 88 s.
11. *Bent-axis pumps and motors. Aksialnoporshnevyye nasosy i gidromotory s naklonnym blokom serii BF10/BF20/BV10.* Gidrosila, Ukraina, Kirovograd (kropivnytsky). — Katalog 022015. — 60 s.
12. *Gidropriwod. Osnovy i komponenty. Uchebnyy kurs po gidravlike, tom № 1, zakaznoy nomer — RRS, izdaniye 3.1.* 2003 g. Izdaniye 2 (na russkom yazyke), Izdatel : Bosch Reksrot AG Servis Avtomatizatsiya Didaktika 64711, g. Erbach, Germaniya. — 322 s.
13. OAO Stroygidravlika: Katalog izdeliy : Rezhim dostupa : <http://www.stroygidravlika.com.ua>. — 31.03.2012. — Odesa. — 58 s.
14. OAO «Pnevmostroymashina» PSM-Hydraulics: Katalog produktsii : [Elektronnyy resurs]. — Rezhim dostupa: <http://www.psm-hydraulics.ru>. — 29.03.12. — Ekaterinburg : 282 s.
15. Promgidropriwod, OOO / <http://promgidropriwod.com.ua>.
16. Tekhnicheskyy katalog 3/2013 / PONAR Wadowice S.A. // Polska mining, 2013. — 1386 s.
17. Gidromodul, OOO SKTB / <http://Hydromodul.com>.
18. Kondrateva, T. F. Predokhranitelnye klapany [Safety valves] / Kondrateva T. F. — K. Mashinostroenie, 1976, 232 s.
19. Avrunin, G. A. Osnovy obemnogo gidropriroda i gidropnevmavtomatiki: (navchalnyy posibnyk) [Basics of the volumetric hydraulic drive and hydraulic pneumatic automatics] Tutorial G. A. Avrunin, I. G. Kirichenko, I. I. Moroz, (Ed.) G.A. Avrunin. — Kharkiv: KhNADU, 2009. — 424 s.
20. Lurie, Z. Ya. Dinamika gidropriroda v rezhime peregruzki s predokhranitelnyim klapanom nepryamogo deystviya [Dynamics of the hydraulic drive in the overload mode with an indirect relief valve] / Z. Ya. Lurie, A. I. Gasyuk // Vestnik Natsionalnogo tekhnicheskogo universiteta Ukrainy «Kievskiy politekhnicheskyy instytut». Mashinostroenie. Sumy: SumGU. 2000. — N 38. S. 92—97.
21. Lurie, Z. Ya. (2017). Dinamika dvukhmernoy sistemy upravleniya mekhatronnogo gidroagregata navesnym oborudovaniem traktora [Dynamics of a two-dimensional control system of a mechatronic hydraulic unit for tractor attachments] / Z. Ya. Lurie, E. N. Tsenta, A. I. Panchenko — *Promyslova gidravlika i pnevmatika. — Industrial hydraulics and pneumatics.*, 2017, №3(57), s. 29—46.
22. Korchak, O. S. (2019) Rozvytok metodiv konstruyuvannya gidroliniy ta ikh rozveden u systemakh keruvannya gidravlichnyimi presamy [Development of methods for designing hydraulic lines and their distribution in control systems of hydraulic presses]. *Promyslova gidravlika i pnevmatika. — Industrial hydraulics and pneumatics*, №1(63), 9—16.

УДК 621.22

## Сучасні аспекти модернізації об'ємних гідроприводів ковальсько-пресового обладнання

Г. А. Аврунін, Ю. В. Рижков, І. І. Мороз, С. М. Вивчар

**Мета.** Аналіз характеристик об'ємних гідроприводів ковальсько-пресового устаткування, що експлуатуються в Україні. Зусилля гідроциліндрів становлять від 6300 кН до 39000 кН, а крутний момент гідромоторів гвинтових пресів і кувальних маніпуляторів знаходиться в діапазоні від 16 кНм до 100 кНм. Встановлено, що гідропристрої виготовлені понад 35 років тому, в тому числі, насоси вітчизняними підприємствами, а гідромотори аксіально- і радіальнопоршневого типів за кордоном. Чимало гідроапаратів є унікальними, тому що випускалися безпосередньо виробниками пресів. Рівень робочих тисків в гідроприводах пресів не перевищує 20 МПа. В даний час золотникові реверсивні гідророзподільники зі зведеним діаметром 50 мм і більше зняті з виробництва.

**Метод дослідження.** Вивчення конструкцій поршневих груп аксіально- і радіальнопоршневих насосів в світлі підвищення робочих тисків. На прикладі конкретного преса наведено можливості його модернізації шляхом ремонту або заміни насосів на більш досконалі з підвищеним рівнем тиску до 40 МПа і дистанційними електрогідравлічними системами регулювання робочого об'єму, що автоматизує управління пресом і енергозбереження.

**Результати дослідження.** *Заропоновані можливості спрощення гідравлічної принципової схеми преса шляхом використання вставної гідроапаратури і гідророзподільників з електромагнітним пропорційним керуванням. Наведено схему роботи оригінального запобіжного клапана непрямої дії важеля-вантажного типу, призначеного для прискорення ходів гідроциліндрів в гідроприводі преса з гідропневмоаккумулятором.*

**Висновки.** *Наведено відомості по вітчизняним підприємствам, що займаються ремонтом і модернізацією гідроприводів.*

**Ключові слова:** *ковальсько-пресове обладнання, об'ємний гідропривод, насос, гідромотор, гідроапаратура, ремонт, модернізація.*

UDC 621.22

### Modern aspects of modernization of volumetric hydraulic drives press-forging equipment

G. A. Avrunin, Ya. V. Ryzhkov, I. I. Moroz, S.M. Vivchar

**Aim.** *Of the characteristics of hydraulic fluid power of forging equipment operating in Ukraine is given. The efforts of hydraulic cylinders range from 6300 kN to 39000 kN, and the torque of the hydraulic motors of screw presses and forging manipulators is in the range from 16 kNm to 100 kNm. It was established that hydraulic devices were manufactured more than 35 years ago, including pumps by domestic enterprises, and axial and radial piston hydraulic motors abroad. A number of hydraulic units is unique, as they were produced directly by press manufacturers. The level of working pressure in hydraulic presses does not exceed 20 MPa. At present, spool reversing directional control valves with nominal bore of 50 mm or more are discontinued.*

**Method of research.** *The analysis of the designs of piston groups of axial and radial piston pumps in the light of increasing working pressures is given.*

*The specific press shows the possibilities of its modernization by repairing or replacing pumps with more advanced ones with an increased pressure level of up to 40 MPa and remote electro-hydraulic systems for regulating the working volume that automate press control and energy saving.*

**Results of research.** *Recommendation the possibilities of simplifying the hydraulic circuit diagram of the press by using plug-in hydraulic equipment and directional control valves with electromagnetic proportional control are considered. The operation scheme of the original safety valve of indirect action of the lever-cargo type, designed to accelerate the hydraulic cylinders in the hydraulic press with a hydraulic accumulator, is presented.*

**Conclusion.** *Information is provided on domestic enterprises involved in the repair and modernization of hydraulic drives.*

**Key words:** *forging and pressing equipment, volume hydraulic drive, pump, hydraulic motor, hydraulic equipment, repair, modernization.*

Аврунін Григорій Аврамович, тел.: (+38) 050-5966253, ORCID 0000-0002-0191-3149, griavrunun@ukr.net

Аврунін Григорій Аврамович, тел.: (+38) 050-5966253, ORCID 0000-0002-0191-3149, griavrunun@ukr.net

Avrunin Grigory, tel.: (+38) 050-596-62-53, ORCID 0000-0002-0191-3149, griavrunin@ukr.net

Рыжков Юрий Владимирович, тел.: (+38) 066-6063477, ORCID: 0000-0003-4706-1452, ryzhkovyuriy.v@gmail.com

Рижков Юрій Володимирович, тел.: (+38) 066-6063477, ORCID: 0000-0003-4706-1452, ryzhkovyuriy.v@gmail.com

Ryzhkov Yuriy V tel.: (+38) 066-6063477, ORCID: 0000-0003-4706-1452, ryzhkovyuriy.v@gmail.com

Мороз Ірина Іванівна, тел.: (+38) 050-7007695, ORCID 0000-0001-5950-2089, irinamoroz25.01@ukr.net

Мороз Ірина Іванівна, тел.: (+38) 050-7007695, ORCID 0000-0001-5950-2089, irinamoroz25.01@ukr.net

Moroz Irene, tel.: (+38) 050-7007695, ORCID 0000-0001-5950-2089, irinamoroz25.01@ukr.net

Вивчар Станіслав Михайлович, тел.: (+38) 0967307200, ORCID 0000-0002-8591-931X, stanislav.vivchar@ukr.net

Вивчар Станіслав Михайлович, тел.: (+38) 0967307200, ORCID 0000-0002-8591-931X, stanislav.vivchar@ukr.net

Vivchar Stanislav Mikhaylovich, tel.: (+38) 0967307200, ORCID 0000-0002-8591-931X stanislav.vivchar@ukr.net