

Рабочие жидкости и их кондиционирование в объемных гидроприводах мобильных подъемников с рабочими платформами**Hydraulic fluids and their conditioning in hydraulic fluid power for mobile elevating work platforms***Г. А. Аврунин, канд. техн. наук, И. И. Мороз**Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, Харьков, Украина*

Цель. *Повышение надежности и долговечности эксплуатации объемных гидравлических приводов мобильных подъемников с рабочими платформами отечественного производства и ведущих мировых фирм на основе анализа ассортимента и технических характеристик рабочих жидкостей, и средств их кондиционирования в части фильтрации и поддержания оптимального теплового режима.*

Методы исследования. *Анализ и систематизация технических характеристик объемных гидроприводов мобильных подъемников с рабочими платформами отечественных и зарубежных изготовителей с точки зрения используемых в эксплуатации рабочих жидкостей и требований к их очистке и поддержанию теплового режима применительно к типам применяемых насосов, гидроцилиндров, гидромоторов и гидроаппаратов.*

Результаты исследования. *Выявлена тенденция применения высококачественных рабочих жидкостей в объемных гидравлических приводах мобильных подъемников с рабочими платформами для эксплуатации в широком температурном диапазоне окружающего воздуха и повышения требований к их очистке, причем к традиционным для высоконагруженных гидроустройств требованиям к очистке с помощью фильтроэлементов с ячейкой в 10 мкм появились рекомендации перехода до 5 мкм.*

Заключение. *Полученные результаты рекомендуются к использованию специалистами в области исследований, создания, модернизации, ремонта и технического обслуживания объемных гидроприводов мобильных подъемников с рабочими платформами, а также при обучении студентов технических вузов объемному гидроприводу мобильных машин.*

Ключевые слова: *мобильные подъемники с рабочими платформами, объемный гидропривод, гидроустройство, рабочая жидкость, вязкостно-температурные свойства, фильтрация, гидробак, теплообмен, опыт эксплуатации*

Введение

Мобильные подъемники с рабочими платформами нашли широкое применение при выполнении работ в строительстве, технологическом обслуживании зданий, сооружений и дорог, при ликвидации аварий и пожаров в высотных домах, а также во многих других ситуациях. Рост высотности зданий и появление ветроэнергетических установок привели к созданию подъемников с высотой подъема рабочей платформы до 112 м и полезной массой до 700 кг. Создание таких машин требует обеспечения высокой степени безопасности выполнения технологических операций, устойчивости машин при маневрировании рабочего оборудования, разработки и внедрения систем диагностики и контроля параметров, обеспечивающих безопасную эксплуатацию машин. Предварительный анализ показал [1], что объемный гидропривод повсеместно используется для приводов основного технологического (рабочего) оборудования мобильных подъемников с рабочими платформами, а также для привода хода самоходных шасси колесного и гусеничного типов, и обеспечивает безопасность персонала, находящегося на рабочей платформе. Именно бурное развитие гидроприводов, совершенствование их конструктивных параметров, повышение надежности гидравлических узлов и агрегатов обеспечило не менее интенсивное развитие конструкций мобильных подъемников с рабочими платформами за последние годы.

Одной из основных проблем при эксплуатации мобильных подъемников с рабочими платформами с объемными гидроприводами является обеспечение надежного запуска гидросистемы в условиях низких температур окружающего воздуха в начале рабочей смены, а также готовности к функционированию в течение рабочей смены даже после длительных остановок приводящего двигателя насоса объемного гидропривода при установившемся положении рабочей платформы. Наличие широкой номенклатуры гидроустройств в объемном гидроприводе мобильных подъемников с рабочими платформами влияет на назначение уровня фильтрации рабочей жидкости, который должен соответствовать требованиям к наиболее «уязвимому» узлу. В работе [1] систематизированы данные по видам применяемых гидроустройств и рабочих давлений в объемных гидроприводах

мобильных подъемников с рабочими платформами. Используем эти же типы мобильных подъемников с рабочими платформами для уточнения требований к рабочим жидкостям и их кондиционированию, а именно: рассмотрим рекомендуемые производителями мобильных подъемников с рабочими платформами сорта рабочей жидкости, требования к тонкости ее фильтрации, объему гидробаков и обеспечения поддержания температурного режима.

Объектом анализа явились мобильные подъемники с рабочими платформами прицепного типа ММП-10, на автомобильном шасси серии АП (Мелитопольский завод Гидромаш), ВИПО (Витебскстройтехмаш), PALFIN-GER (ФРГ) и самоходные Houlotte (Франция), Leguan (Финляндия) и JLG Lift An Oshkosh Corporation Company (США) [2-9].

Основная часть

Рабочие жидкости. Для мобильных подъемников с рабочими платформами производства Украины и Беларуси основной рабочей жидкостью является масло ВМГЗ (ТУ38-101479), в качестве заменителя МГЕ-10А (ОСТ38-01281), АМГ-10 (ГОСТ 6794), АУ (ОСТ38-01412). В летний период эксплуатации рекомендуются к применению масло МГЕ-46В (ТУ 38-001347) или его заменители масла МГ-20, МГ-30 (ТУ 38-10150) или И-20А (ГОСТ 20799). Следует отметить, что масла-заменители не обладают высокими трибологическими свойствами и их внесение в эксплуатационную документацию выпускаемых сегодня объемных гидроприводов для мобильных подъемников с рабочими платформами является в значительной мере случайным на основе использования информации и опыта более чем тридцатилетней давности, когда ассортимент отечественных масел был крайне ограничен, а закупка импортных практически не производилась.

В качестве рабочей жидкости для объемного гидропривода мобильных подъемников с рабочими платформами L110/125 фирмы Leguan рекомендуется масло на минеральной основе *Statoil Hydraulic Oil*131 при температуре окружающего воздуха от «минус» 45°С до 65°С. В масле отсутствуют цинкосодежащие присадки, а требования к износостойкости (трибологические) согласно Vickers 104 C IP 281/80, FSD 8401.

Гидравлические масла для объемных гидроприводов мобильных подъемников с рабочими платформами фирмы JLG должны соответствовать по вязкости стандарту SAE для моторных масел:

- 10W — при температуре от «минус» 18 до 83°С;
- 10W-20 и 10W-30 — при температуре от «минус» 18 до 99°С;
- 20W-20 — при температуре от 10 до 99°С.

Масла должны содержать противоизносные присадки и соответствовать группе GL-3 по классификации API, а также другие присадки, обеспечивающие надежную эксплуатацию объемных гидроприводов. Не рекомендуется смешивать масла различных фирм.

На рисунке 1 представлена диаграмма рекомендуемых рабочих жидкостей и минимальных температур окружающего воздуха для объемных гидроприводов мобильных подъемников с рабочими платформами фирмы JLG.

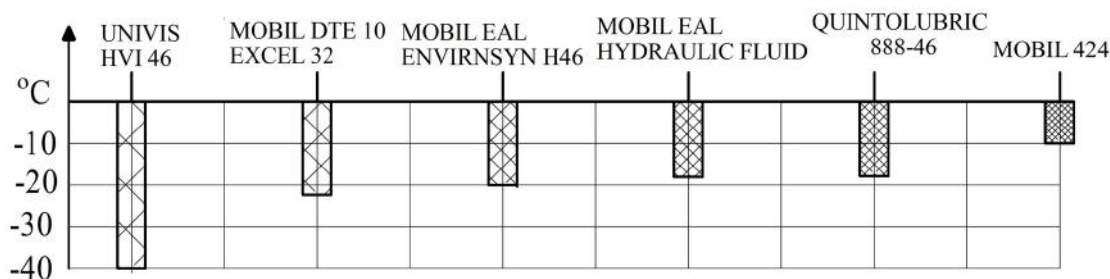


Рисунок 1 — Рабочие жидкости, соответствующие низким температурам окружающего воздуха при эксплуатации объемных гидроприводов мобильных подъемников с рабочими платформами фирмы JLG

При постоянной температуре окружающего воздуха менее «минус» 7°С рекомендуется масло Mobil DTE-13 класса вязкости 32 с температурой застывания «минус» 46°С. При эксплуатации на более низких температурах рекомендуются рабочие жидкости, приведенные в таблице 1, индекс вязкости которых достигает рекордного значения ИВ=376. В рекомендуемом перечне рабочих жидкостей фирмы JLG имеется также жидкость Quintolubric 888-46 с ИВ=185, относящаяся к негорючим быстрорастворимым и нетоксичным синтетическим полиэфирам.

Таблиця 1 — Рекомендації по використанню робочих рідин фірми JLG для експлуатації об'ємних гідроприводів мобільних підъемників з робочими платформами при низьких температурах оточуючого повітря

Сорт робочої рідини, клас в'язкості	ІВ	В'язк., сСт при темп. °С				Температура застигання, °С
		0	40	65	100	
Mobil fluid-424Specs, 10W30. М*	152	—	55	—	9,3	«мінус» 43
Mobil DTE 10 Exel 32 Specs, ISO 32. М*	140	—	33	—	6,6	«мінус» 40
Mobil EAL H46 Specs ISO 46. С*	153	—	45	—	8	«мінус» 44
UCon Hydrolube HP-5046, СБ*	170	340	46	22	—	«мінус» 50
Exxon Univis HVI 26 Specs. М*	376	—	25,8	—	9,3	«мінус» 60

Примечания: М* — мінеральне масло; С* — синтетическое масло; СБ* — синтетическая биоразлагаемая рабочая жидкость.

Принадлежность робочої рідини к отдельным группам определяется:

— для быстрорастворимых разложение до $CO_2 > 60\%$ по EPA 560/6-82-003 и до $CO_2 > 80\%$ по CEC-L-33-A-93EPA;

— для практически нетоксичных согласно OECD 203 значение LC50 составляет > 5000 частей на миллион;

— для несгораемых наличием утверждения FMRC (Factory Mutual Research Corp.).

Фирма *Houlotte* рекомендует применять в об'ємних гідроприводах мобільних підъемників з робочими платформами гидравлические масла определенной вязкости по стандарту SAE в зависимости от температур окружающей среды:

— HV 68 при температуре от 0 до 45°C;

— HV 46 при температуре от «минус» 15 до 40°C;

— HV 32 при температуре от «минус» 35 до 35°C.

Фирма *PALFINGER* рекомендует для применения в об'ємних гідроприводах мобільних підъемників з робочими платформами при температурах окружающей среды от «минус» 40°C следующие рабочие жидкости:

— Arnica 32 AGIP (это масло заливается при первой заправке);

— Inverol EP32 ESSO;

— DTE Oil 13 Mobil;

— Tellus T32 (S4 VX 32) Shell;

— Equvis ZS 32 Total;

— Aero Shell Fluid 4.

Допускается применение биоразлагаемого масла. Фирмой допускается также применение масел для строительно-дорожных машин ВМГЗ (ТУ38-101479-86) и самолетов АМГ-10 (ГОСТ67940-75), смена робочої рідини — один раз в год. Фирма CASAPPA рекомендует эксплуатацию шестеренных насосов при вязкости робочої рідини 12—100 сСт, температуре робочої рідини при эксплуатации от «минус» 25 до 80°C и до 125°C при использовании уплотнений из материала Viton — фторированного каучука. Основой рабочих жидкостей для насосов являются минеральные масла, допускается эксплуатация на негорючих, в том числе водосодержащих рабочих жидкостях, однако с ограничениями по давлению в 5—15 МПа и частоте вращения в 1500 мин^{-1} (рисунок 2).

Для каждого сорта робочої рідини указаны соответствующие материалы уплотнений или их комбинации с металлическими деталями насосов: N или Buna N (Nitrile Butadiene Rubber) — бутадиен-нитрильный каучук, который является стандартным материалом для уплотнительных резиновых колец круглого сечения и по своим характеристикам соответствует группам резины 1; 2; 3 по ГОСТ 18829; V или Viton — фторированный каучук; N и Bz — из нитрильной резины и уплотнительных дисков из бронзы; V и Bz (из Viton и уплотнительных дисков из бронзы).

О сроках замены робочої рідини в гидросистемах мобільних підъемників з робочими платформами. Обычно рекомендации по смене робочої рідини сводятся к введению периодичности в первые 100 ч наработки и далее через 1000 ч или один раз в год. Фирма JLG рекомендует замену робочої рідини производить через 2 года или 1200 ч эксплуатации мобільних підъемників з робочими платформами, что безусловно является прогрессивным решением для эксплуатирующихся об'ємних гідроприводов мобільних підъемників з робочими платформами организаций.

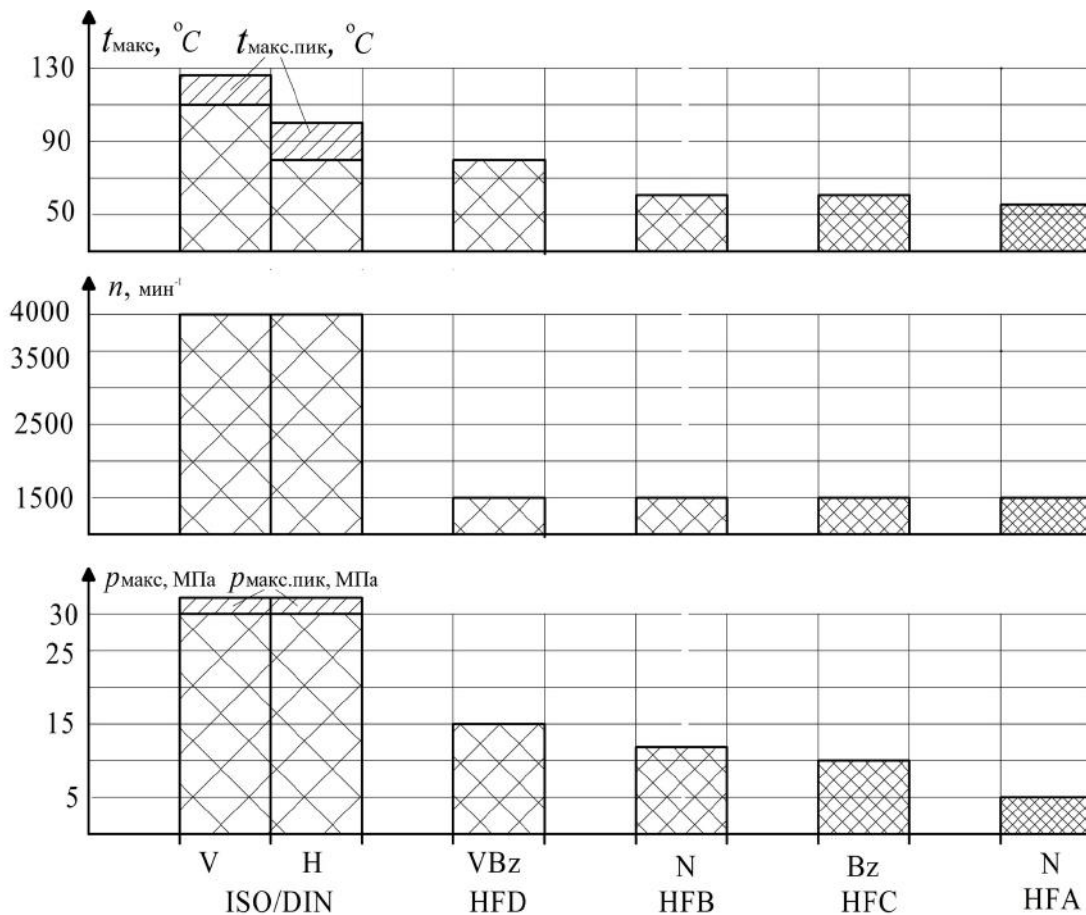


Рисунок 2 — Ограничения по давлению, частоте вращения и температуре при эксплуатации шестеренных насосов CASAPPA на различных сортах рабочих жидкостей : минерального масла по стандартам ISO/DIN; безводных синтетических рабочих жидкостей — HFD; водной эмульсии (до 40%) в минеральном масле — HFB; водных растворов полимеров (обычно менее 80% воды) — HFC; эмульсии масла (5—15%) в воде — HFA.

Фильтрация. На рисунке 3, а представлена гидравлическая принципиальная схема объемного гидропривода с возможными местами установки фильтров в одной из линий: Ф1 и Ф2 — на всасывании и нагнетании насоса, соответственно; Ф3 — сливе рабочей жидкости из гидроцилиндра в гидробак Б.

Для объемных гидроприводов мобильных машин с гидропередатками, работающими по замкнутой цепи циркуляции рабочей жидкости, например, в приводе передвижения машины, и одновременного функционирования рабочих органов для реализации требуемого технологического процесса, получили распространение комбинированные фильтры для фильтрации сливного потока рабочей жидкости и на всасывании насоса подпитки.

Такая схема объемных гидроприводов с установкой сливного и всасывающего фильтров, рекомендуемая фирмой ARGO (ФРГ) [10], показана на рисунке 3, в и содержит основной насос Н с регулируемым рабочим объемом для вращения гидромотора М привода хода машины, приводящий двигатель насоса Д2, насосы подпитки Нп и рабочих органов Нро с приводом от основного насоса, блок А, включающий предохранительные клапаны основных магистралей А — А и В — В и насоса Нро, обратные («антикавитационные») клапаны системы подпитки и переливной клапан насоса подпитки. Рабочая жидкость поступает из корпусов гидромашин и объемного гидропривода рабочих органов в маслоохладитель АТ и комбинированный фильтр Ф (обведен штрих-пунктирной линией).

В состав фильтра входят два обратных клапана, причем клапан КО1, расположенный параллельно фильтру, является перепускным в случае засорения фильтроэлемента, а клапан КО2, расположенный последовательно, служит для сброса избытка рабочей жидкости в бак Б. Преимущество комбинированного фильтра Ф заключается в том, что очищенная и охлажденная в сливном потоке рабочая жидкость (на выходе из объемных гидроприводов рабочих органов) подается к насосу подпитки Нп под избыточным давлением порядка 0,05 МПа, предотвращая кавитацию и обеспечивая функционирование при низких температурах окружающего воздуха.

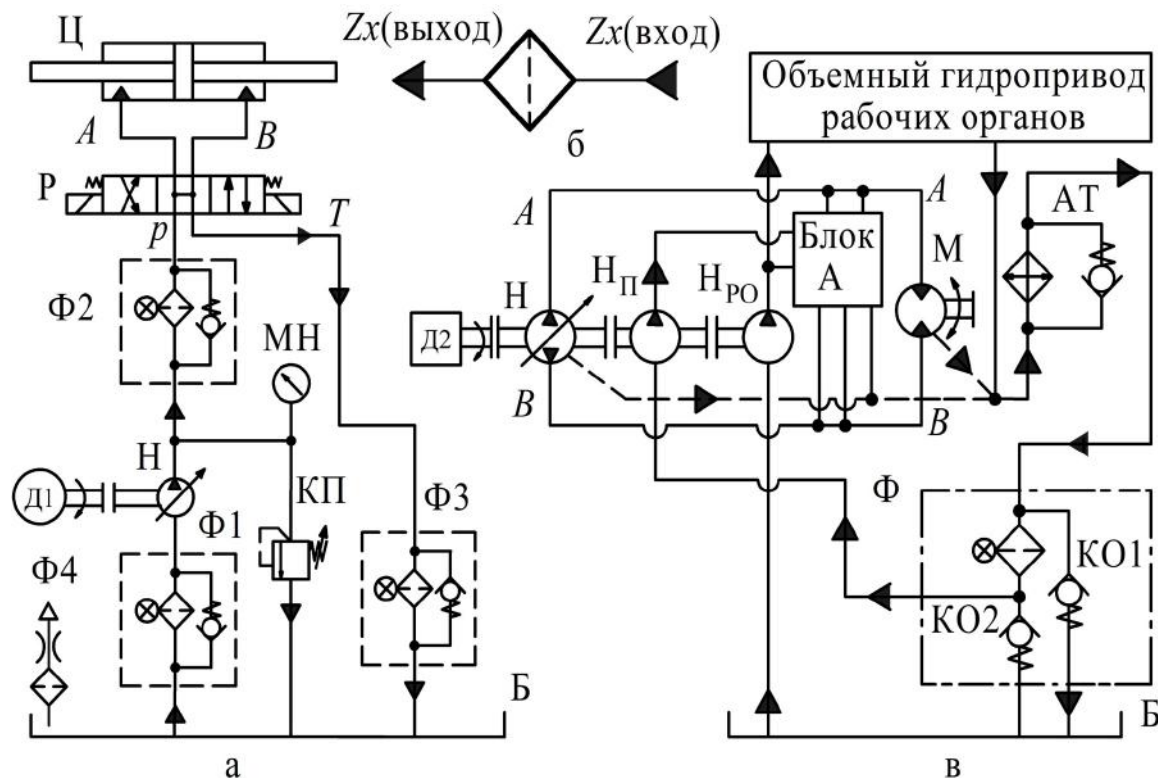


Рисунок 3 — Типовые места установки фильтров в объемном гидроприводе (а и в) и схема течения рабочей жидкости через фильтр согласно ISO 16889/1999 для определения коэффициента β_x (б)

Для оценки эффективности фильтроэлементов в соответствии с международным стандартом ISO 4406/1999 определяют количество загрязняющих частиц в пробе рабочей жидкости объемом в 1 см^3 по соответствующим размерным кодам (классам) ISO.

По мере накопления экспериментального опыта принимаемые для расчета класса чистоты рабочей жидкости размерные группы претерпевали изменения и в настоящее время в каталогах фирм и эксплуатационной документации можно встретить следующие обозначения кодов ISO:

- двухзначный код — градация по частицам более 5 и 15 $\mu\text{км}$;
- трехзначный код — градация по частицам более 2; 5 и 15 $\mu\text{км}$ при подсчете частиц при помощи микроскопа;
- трехзначный код — градация по частицам более 4; 6 и 14 $\mu\text{км}$ при автоматизированном электронном подсчете частиц.

Коды ISO обозначаются в порядке нарастания размерной группы и после каждой группы ставится наклонная черточка (например, запись вида 20/14/12 обозначает коды количества частиц в пробе размером более 2; 5 и 15 $\mu\text{км}$, соответственно).

Количество частиц в пробе, соответствующее определенному коду ISO и ориентировочное соотношение между классами чистоты по ряду стандартов и действующему в Украине ГОСТ 17216, а также значения номинальной тонкости фильтрации, обеспечивающей соответствующий класс чистоты рабочей жидкости, приведены в таблице 2.

В соответствии с ISO 16889/1999 (Multi-Pass test) в лабораторных условиях определяют «бета-соотношение» β_x , с помощью которого сравнивают фильтры различных изготовителей (рисунок 3, б)

$$\beta_x = Z_{x(\text{вход})} / Z_{x(\text{выход})} \quad (1)$$

где $Z_{x(\text{вход})}$ и $Z_{x(\text{выход})}$ — количество частиц размером более значения x в пробах рабочей жидкости соответственно на входе в фильтр и выходе.

Таблиця 2 — Сравнение классов чистоты рабочей жидкости по различным стандартам

Класс по ГОСТ 17216 / номин. тонк. фильтрации, мкм	Коды ISO 4406:99	Количество частиц в 1мл (см ³):			NAS 1638 (1964)	Disavow-ed SAE Level (1963)
		> 2 мкм	> 5 мкм	>15 мкм		
16 / 80	23/21/18	80 000	20 000	2 500	12	—
15 / 40	22/20/18	40 000	10 000	2 500	—	—
14 / 40	22/20/17	40 000	10 000	1 300	11	—
	22/20/16	40 000	10 000	640	—	—
13 / 25	21/19/16	20 000	5 000	640	10	—
	20/18/15	10 000	2 500	320	9	6
12 / 10; 25	19/17/14	5 000	1 300	160	8	5
11 / 10	18/16/13	2 500	640	80	7	4
10 / 5; 10	17/15/12	1 300	320	40	6	3
	16/14/12	640	160	40	—	—
9 / 5	16/14/11	640	160	20	5	2
8 / 3	15/13/10	320	80	10	4	1

Примечание: при пользовании старой классификацией ISO коды загрязненности назначаются по двум последним цифрам (частицы более 5 и 15 мкм, соответственно).

Другим оценочным критерием является коэффициент эффективности фильтрации E_x (другие термины — коэффициент тонкости фильтрации, уровень очистки или коэффициент очистки)

$$E_x = (1 - 1/\beta_x) \cdot 100\% \quad (2)$$

В таблице 3 приведены значения коэффициентов β_x и E_x .

Таблиця 3 — Значения коэффициентов β_x и E_x

β_x	1	2	5	10	20	50	75	100	200	1000	10000
$E_x, \%$	0	50,0	80,0	90,0	95,0	98,0	98,7	99,0	99,5	99,9	99,99

В зависимости от вычисленных значений коэффициент тонкости фильтрации характеризует эффективность очистки: β_x

— при $\beta_x = 20$ — степень очистки составляет $E_x = 95\%$ и характеризуется как номинальная тонкость фильтрации;

— при $\beta_x = 100$ — степень очистки составляет $E_x = 99\%$ и характеризуется как абсолютная тонкость фильтрации;

— при $\beta_x = 1$ загрязнения вообще не задерживаются (соответствует режиму определения перепадно-расходной характеристики корпуса фильтра при демонтированном фильтроэлементе);

— при $\beta_x < 1$ поврежденный фильтроэлемент является источником загрязнения рабочей жидкости.

На рисунке 4 показаны характерные фотографии загрязнений в рабочей жидкости, соответствующие кодам ISO, по которым можно предварительно оценивать степень загрязненности рабочей жидкости в объемных гидроприводах мобильных подъемников с рабочими платформами.

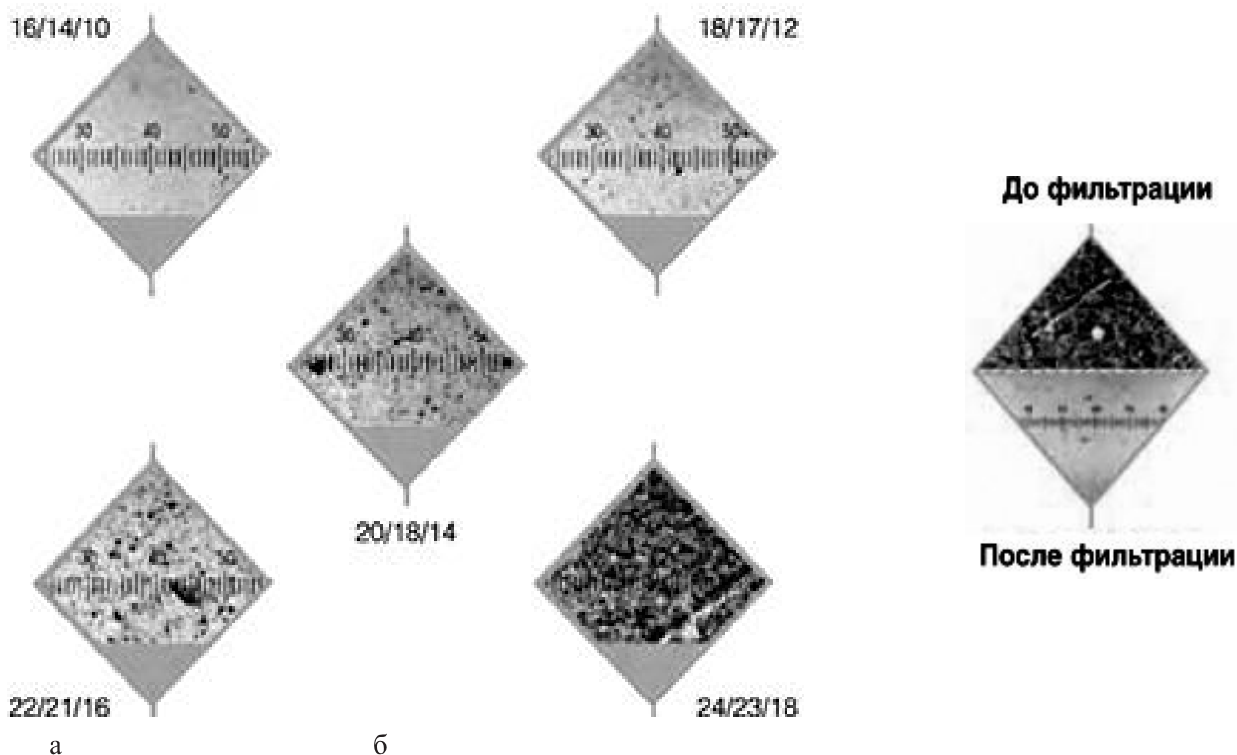


Рисунок 4 — Чистота робочої рідини згідно кодів ISO (а) і змінення кольору поверхні фільтра (б) до і після фільтрації (данні фірми Parker) [11]

В питанні призначення тонкості фільтрації прослідковуються тенденції взаємозв'язку з робочим тиском і складністю використовуваних гідроустроїв. Так виробник шестерених насосів фірма CASAPPA встановлює тонкість фільтрації робочої рідини не більше 25 мкм при тиску до 14 МПа і 10 мкм при тиску більше 14 МПа. В об'ємних гідроприводах мобільних підіймачів з робочими платформами, використовуючих шестерених насоси типу НШ10 і НШ32 виробництва «Гідросила» (г. Кропивницький), тонкість фільтрації обмежена значенням в 25 мкм.

В таблиці 4 наведені систематизовані дані про місце установки фільтрів в об'ємних гідроприводах мобільних підіймачів з робочими платформами фірми JLG (Н — в лінії нагнітання, С — на сливі, НП — в лінії нагнітання насосом підпитки), тонкості фільтрації x , коефіцієнті тонкості фільтрації, ефективності очищення E_x , налаштування спрацьовування перепускного клапана Δp і досягаємих класів чистоти робочої рідини згідно ГОСТ 17216 і стандарту ISO 4406:99.

В ліній нагнітання аксіальнопоршневих насосів з регуляторами змінення робочого об'єму «подача-тиск» встановлюються фільтри з тонкістю фільтрації $x = 10$ мкм (β_{10}).

В ліній нагнітання насосів підпитки встановлюються фільтри β_5 , β_6 і β_{10} , причому однозначно для аксіальнопоршневих насосів серії H1 Sauer-Danfoss встановлюються перші два значення β_x , а для насосів серії A4VG Rexroth Bosch Group в мобільних підіймачів з робочими платформами JLG1200 рекомендоване значення «бета-відношення» β_{10} .

Возможно, опыт эксплуатации показал на целесообразность перевода насосов всех производителей на более жесткие параметры фильтрации «бета-отношение» β_5 и β_6 . Значения $E_x = 99,5$ (99,9) обеспечивают абсолютную тонкость фильтрации ($\beta_x = 100$).

Налаштування тиску відкриття перепускних клапанів для фільтрів в ліній нагнітання насосів підпитки однакова $\Delta p = 0,3$ МПа, для фільтрів сливних і в ліній нагнітання в діапазоні $\Delta p = 0,18$ — $0,7$ МПа. В ліній всасування насосів встановлюють фільтри з перепускним клапаном на 0,02 МПа і діаметром сітки 238 мкм або 30 Mesh або 60 Mesh — кількість отворів на один лінійний дюйм.

Рекомендації по заміні фільтроз'ємів в об'ємних гідроприводах мобільних підіймачів з робочими платформами фірми JLG — після перших 50 ч і далі через кожні 300 ч експлуатації.

Таблиця 4 — Требования по фильтрации гидросистем мобильных подъемников с рабочими платформами фирмы JLG

Модель АГП JLG Lift	Фильтр / Δp , МПа	Тонкость, x , мкм	β_x	$E_x, \%$	Класс ГОСТ 17216 (ISO)
1850	H / 0,3	10	≥ 1000	99,9	10 (17/15/12)
1850	C / 0,32	6	≥ 200	99,5	9 (16/14/11)
1850 (H1)	НП / 0,35	6	≥ 200	99,5	9 (16/14/11)
1250	H / 0,7	10	≥ 1000	99,9	10 (17/15/12)
1250	C / 0,18	12	≥ 200	99,5	10 (17/15/12)
1250 (A4VG)	НП / 0,35	5	≥ 200	99,5	9 (16/14/11)
1250 (H1)	НП / 0,35	5	≥ 200	99,5	9 (16/14/11)
1200	H / 0,7	10	≥ 1000	99,9	10 (17/15/12)
1200	C / 0,3	15	≥ 200	99,5	12 (19/17/14)
1200 (A4VG)	НП / 0,3	10	≥ 200	99,5	10 (17/15/12)
1200 (H1)	НП / 0,35	5	≥ 200	99,5	9 (16/14/11)

Представляет интерес гидравлическая принципиальная схема насосной установки объемного гидропривода мобильных подъемников с рабочими платформами фирмы Leguan L135 с комплексным решением проблемы фильтрации. Насосная установка (рисунок 5) содержит блок А гидроаппаратуры, насосы Н1 и Н2, и фильтры Ф1—Ф3.

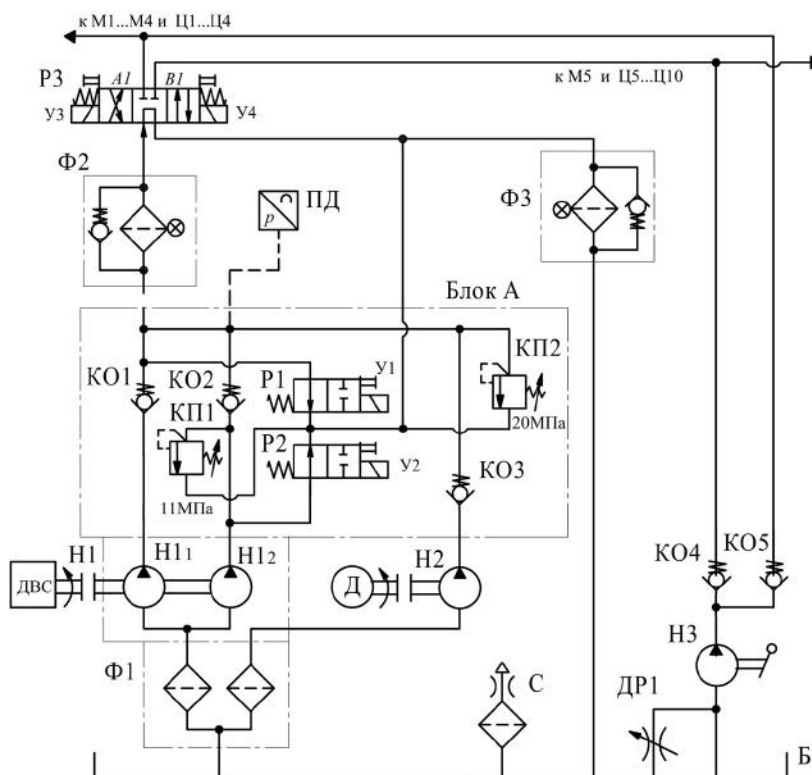


Рисунок 5 — Насосная установка объемных гидроприводов мобильных подъемников с рабочими платформами Leguan L135 (М1—М5 и Ц1—Ц10 — гидромоторы и гидроцилиндры рабочего оборудования)

В двухпоточный (тандем) шестеренный насос Н1 модели PLP20-6.64.0 фирмы Casappa (Италия) входят секции Н11 и Н12 с рабочими объемами 4 и 6,3 см³, соответственно. Привод насоса осуществляется от ДВС модели Non-

да, который при частоте вращения 3500 мин^{-1} развивает мощность в $8,7 \text{ кВт}$. Насос Н2 модели Р10-2 с рабочим объемом 2 см^3 оснащен приводом от электродвигателя мощностью $2,2 \text{ кВт}$ при частоте вращения 2850 мин^{-1} . Ручной насос Н3 с рабочим объемом 20 см^3 обеспечивает нагнетание рабочей жидкости в линии нагнетания всех гидрораспределителей благодаря наличию двух обратных клапанов КО4 и КО5. Для разгрузки насосов при пуске, защите от перегрузок и объединения подач служит блок А модели OFE фирмы *Bosch-Rexroth* (ФРГ). Насосы Н11 и Н2 (рабочий объем 2 см^3) защищены от перегрузок предохранительным клапаном КП2 (20 МПа), входящим в состав блока гидрораспределителей Р4 и Р5 подачи рабочей жидкости к гидромоторам хода М1—М4. Насос Н12 защищен от перегрузок клапаном КП1 (11 МПа). Гидрораспределитель Р1 с электромагнитным управлением обеспечивает запуск всех трех насосов с минимальным давлением при отсутствии питания на электромагните У1, кроме того гидрораспределитель Р2 обеспечивает дополнительно разгрузку насоса Н12 при отключенном электромагните У2. Обратные клапаны КО1—КО3 обеспечивают возможность работы всех трех насосов на одну нагнетательную магистраль и минимизируют утечки рабочей жидкости из насоса Н2 при неработающем электродвигателе Д.

Преобразователь давления ПД обеспечивает дистанционный контроль давления в линиях нагнетания мобильных подъемников с рабочими платформами.

Гидрораспределители Р1 и Р2 имеют двухпозиционную, двухлинейную схему, под действием электропитания на магнитах У1 и У2 перекрывают сообщение линий нагнетания насосов со сливом в бак Б. Гидрораспределитель Р3 также позволяет разгрузить насосы Н1 и Н2 при пуске приводящих двигателей Д и ДВС благодаря объединению напорной и сливных линий в нейтральном положении (при отключенных электромагнитах У3 и У4). При подводе электропитания на магниты гидрораспределитель Р3 обеспечивает подачу рабочей жидкости к гидромоторам хода мобильных подъемников с рабочими платформами и гидроцилиндрам выносных опор и технологического оборудования.

Система кондиционирования рабочей жидкости объемных гидроприводов содержит всасывающие и напорные фильтры. На всасывании насосов Н1 и Н2 установлен сдвоенный фильтр Ф1 с тонкостью фильтрации 150 мкм . Напорный фильтр Ф2 перед гидрораспределителем Р3 и сливной Ф3 снабжены фильтроэлементами с тонкостью фильтрации 10 мкм , что соответствует требованиям к современным гидроустройствам. В баке установлен воздушный фильтр-сапун С.

Контроль за состоянием фильтроэлементов ведется двумя способами:

- с помощью индикаторов загрязненности, что обеспечивает высокий уровень надежности работы объемных гидроприводов;
- путем замены фильтроэлементов с периодичностью, указанной в эксплуатационной документации на основании данных эксплуатационных наблюдений. Это способ отличается низкими затратами на фильтры (без закупки индикатора загрязненности), однако может приводить к грубым ошибкам из-за отсутствия объективной информации о загрязненности фильтроэлемента.

Для объемных гидроприводов мобильных подъемников с рабочими платформами производства Мелитопольского завода «Гидромаш» тонкость фильтрации составляет 25 мкм (класс чистоты не грубее 12 по ГОСТ 17216). Смена фильтроэлемента всасывающего фильтра должна производиться через 8—10 часов после начала эксплуатации, а затем каждые 250 часов. Контроль за состоянием сливного фильтра проводят по значению давления на манометре, которое не должно превышать $0,35 \text{ МПа}$.

Представляют интерес рекомендации по фильтрации в шестеренных насосах фирмы *Diplomatic Hydraulics* — при использовании рабочей жидкости класса вязкости ISO 46 на давлении более 15 МПа и наработке в день более 4 часов или 100 пусковых циклов следует применять фильтроэлементы с тонкостью фильтрации 10 мкм , а для менее жестких условий в 25 мкм .

Для объемных гидроприводов мобильных подъемников с рабочими платформами фирма PALFINGER рекомендует поддерживать класс чистоты рабочей жидкости, равный 9 NAC1638, 18/14 ISO 4406 или класс 12 по ГОСТ 17216 и требует установки фильтроэлементов с тонкостью фильтрации 10 или 25 мкм , что является обычно достаточным при использовании шестеренного насоса.

Гидробаки и теплообменные аппараты

Широкая номенклатура объемных гидроприводов мобильных подъемников с рабочими платформами по приводящей мощности двигателей насосов от $2,2$ до 75 кВт привела к использованию гидробаков вместимостью от 4 до 400 дм^3 . Обычно на гидробаках размещают сапуны (воздушные фильтры), сливные фильтры и заправочные горловины, реле контроля уровня рабочей жидкости, в ряде случаев на баке монтируют насосные установки с приводящими электродвигателями.

Повторно-кратковременная работа объемных гидроприводов при эксплуатации мобильных подъемников с рабочими платформами, включающая ограниченные по времени циклы транспортного передвижения для самоходных машин и длительные паузы при зафиксированном положении рабочей платформы, как правило, не приводит к повышенному нагреву рабочей жидкости и не требует установки маслоохладителей. В самоходных мобильных подъемниках с рабочими платформами фирмы JLG комплектуют объемные гидроприводы масловоздушным охладителем, в состав которого входит приводящий электродвигатель вентилятора и обратный клапан для защиты трубной системы охладителя от разрыва при работе на высокой вязкости рабочей жидкости при «холодном» пуске [3—5].

Выводы

1. В объемных гидроприводах мобильных подъемников с рабочими платформами встречается широкий ассортимент рабочих жидкостей, в том числе с индексом вязкости до ИВ=376, обеспечивая запуск гидропривода без предварительного подогрева при температурах окружающего воздуха до «минус» 40 °С.

2. Важной тенденцией является установка в гидроприводах фильтров с тонкостью фильтрации в 5 мкм в отличие от повсеместно применяемой в 10 мкм. Такой подход способствует повышению надежности работы гидроприводов, о чем свидетельствует опыт фирмы JLG, которая в два раза увеличила сроки замены масел (до двух лет), что безусловно является прогрессивным решением для эксплуатирующих объемных гидроприводов мобильных подъемников с рабочими платформами организаций.

Литература

1. Аврунин, Г. А. Анализ технического уровня гидроустройств для мобильных подъемников с рабочими платформами / Г. А. Аврунин, И. Г. Кириченко, А. В. Ярышко, С. А. Литвин // Промислова гідравліка і пневматика. — 2018. — №1 (59). — С. 3—18.
2. LEGUAN 125. Operators and Service Manual 2014. — Version 6/2015. — 27.8.2015/ — 39 p.
3. Service and Maintenance Manual. Model 1200SJP, 1350SJP. — JLG An Oshkosh Corporation Company. — P/N-3121142. — May 23, 2017. — 718 p.
4. Service and Maintenance Manual. Model 1250AJP. — JLG An Oshkosh Corporation Company. — P/N-3121171. — June 22, 2017. — 732 p.
5. Service and Maintenance Manual. Model 1850SJ. — JLG An Oshkosh Corporation Company. — P/N-3121619. — May 23 2017. — 700 p.
6. Руководство по эксплуатации подъемников с рабочей платформой (моделей P140T, P180T, P200A, P240A) [The operation manual of elevators with a working platform (models P140T, P180T, P200A, P240A)]. — PALFINGER PLATFORMS ITALY s.r.l. — 100 c.
7. Houlotte Group HA20PX-HA61JRT, HA260PX-HA80JRT. Руководство оператора. 4000351360. — E 06.16. — RU. — 114 c.
8. CASAPPA Fluid Power Desine K 03 T A, Replaces: K 02 T A, Edition: 03/03.2006. — 108 p.
9. Кириченко, И.Г. Объемный гидропривод в мобильных подъемниках с рабочими платформами / И. Г. Кириченко, Г. А. Аврунин, В. Б. Самородов, А. В. Ярышко. — Харьков: ХНАДУ, 201. — 296 с.
10. Советы и информация по выбору оптимального гидравлического фильтра FSP Fluid System Partners GmbH. Filtration division. ARGO. — 9107115.e/03.02/4.0. — 22 c.
11. Подразделение Hydraulic Filtration в Европе. Фильтрация и контроль уровня загрязненности рабочей жидкости гидросистем. Parker. Каталог: FDHB500UK 04/2010. — 434 p. http://parkerhannifin.ru/upload/iblock/962/HFDE_Catalog_2011RU.zip.

References

1. Avrunin, G. A. Analysis of technical level of hydraulic units for mobile elevating work platforms [Analysis of the technical level of hydraulic devices for mobile lifts with working platforms] / G. A. Avrunin, I. G. Kyrychenko, A. V. Yaryzhko, S. A. Lytvyn // Promyslova gidravlika i pnevmatika. — 2018. — №1 (59). — С. 3—18.
2. LEGUAN 125. Operators and Service Manual 2014. — Version 6/2015. — 27.8.2015/ — 39 p.
3. Service and Maintenance Manual. Model 1200SJP, 1350SJP. — JLG An Oshkosh Corporation Company. — P/N-3121142. — May 23, 2017. — 718 p.

4. Service and Maintenance Manual. Model 1250AJP. — JLG An Oshkosh Corporation Company. — P/N-3121171. — June 22, 2017. — 732 p.
5. Service and Maintenance Manual. Model 1850SJ. — JLG An Oshkosh Corporation Company. — P/N-3121619. — May 23 2017. — 700 p.
6. Rukovodstvo po ekspluatatsii podemnikov s rabochei platformoi Operating platform for work platform lifts (modelel P140T, P180T, P200A, P240A). — PALFINGER PLATFORMS ITALY s.r.l. — 100 p.
7. Houlotte Group HA20PX-HA61JRT, HA260PX-HA80JRT. Rukovodstvo operatora. 4000351360. — E 06.16. — RU. — 114 c.
8. CASAPPA Fluid Power Desine K 03 T A, Replaces: K 02 T A, Edition: 03/03.2006. — 108 p.
9. Kirichenko I. G. Obemnyi gidroprivod v mobilnykh podemnikakh s rabochimi platformami [Volumetric hydraulic drive in mobile lifts with working platforms Volumetric hydraulic drive in mobile lifts with working platforms] / I. G. Kirichenko, G. A. Avrunin, V. B. Samorodov, A. V. Yaryzhko. — Kharkov, KHADU, 2018, 296 p.
10. Sovety i informatsiya po vyboru optimalnogo filtra. FSP Fluid System Partners GmbH. Filtration division. [Tips and information for choosing the best hydraulic filter Fluid System Partners GmbH. Filtration division ARGO]— 9107115.e/03.02/4.0. — 22 p.
11. Podrazdelenie Hydraulic Filtration v Evrope. Filtratsiya i control urovnya zagryaznennosti rabochey zhidkosti gidrosistem. Hydraulic Filtration in Europe. Filtering and monitoring the level of contamination of the working fluid of hydraulic systems. Parker. Katalog. FDHB500UK 04/2010. — 434 p. http://parkerhannifin.ru/upload/iblock/962/HFDE_Catalog_2011RU.zip.

Надійшла 15.01.2019

УДК 621.22

Робочі рідини і їх кондиціонування в об'ємних гідроприводах мобільних підйомників з робочими платформами

Г. А. Аврунін, І. І. Мороз

Мета. Підвищення надійності і довговічності експлуатації об'ємних гідравлічних приводів мобільних підйомників з робочими платформами (мобільних підйомників з робочими платформами) вітчизняного виробництва і провідних світових фірм на основі аналізу асортименту і технічних характеристик робочих рідин і засобів їх кондиціонування у частині фільтрації і підтримки оптимального теплового режиму.

Метод дослідження. Аналіз і систематизація технічних характеристик об'ємного гідропривода мобільних підйомників з робочими платформами вітчизняних і зарубіжних виготовників з точки зору використання в експлуатації робочих рідин і вимог до їх очищення і підтримки теплового режиму стосовно типів вживаних насосів, гідроциліндрів, гідромоторів і гідроапаратів.

Результати дослідження. Виявлена тенденція застосування високоякісних робочих рідин в об'ємному гідроприводі мобільних підйомників з робочими платформами для експлуатації в широкому температурному діапазоні навколишнього повітря і підвищення вимог до їх очищення, причому до традиційних для високонавантажених гідроприскоєв вимог до очищення за допомогою фільтроелементів з осередком у 10 мкм з'явилися рекомендації переходу до 5 мкм.

Висновок. Отримані результати рекомендуються до використання фахівцями в області досліджень, створення, модернізації, ремонту і технічного обслуговування об'ємних гідроприводів мобільних підйомників з робочими платформами, а також при навчанні студентів технічних вищих закладів об'ємному гідроприводу мобільних машин.

Ключові слова: мобільні підйомники з робочими платформами, об'ємний гідропривод, гідроприскоєв, робоча рідина, в'язкісно-температурні властивості, фільтрація, гідробак, теплообмін, досвід експлуатації.

UDC 621.22

Hydraulic fluids and their conditioning in hydraulic fluid power for mobile elevating work platforms

G. A. Avrunin, I. I. Moroz

Aim. Increase of reliability and longevity of exploitation of by hydraulic fluid power of mobile elevating with the work platforms of home production and leading world firms on the basis of analysis of assortment and technical descriptions of hydraulic fluids, and facilities of their conditioning in part of filtration and maintenance of the optimal thermal mode.

Method of research. Analysis and systematization of technical descriptions of hydraulic fluid power of mobile elevating with the work platforms home and foreign manufacturers from the point of view of the hydraulic fluids and requirements used in exploitation to their cleaning and maintenance of the thermal mode as it applies to the types of the applied pumps, hydraulic cylinders, motors and apparatuses.

Results of research. The tendency of application of high-quality of hydraulic fluids is educed in by hydraulic fluid power of mobile elevating with the work platforms for exploitation in the wide temperature range of surrounding air and increase of requirements to their cleaning, thus to the traditional for high-rate hydraulic units requirements to cleaning by means of filters with a cell in 10 micrometre recommendations of transition appeared to 5 micrometre.

Conclusion. The got results are recommended to the use by specialists in area of researches, creation, modernisation, repair and technical maintenance of by hydraulic fluid power of mobile elevating with the work platforms, and also and at educating of students of technical institutions of higher learning to by hydraulic fluid power of mobile machines.

Keywords: mobile elevating with the work platforms, by hydraulic fluid power, hydraulic unit, hydraulic fluid, viscosity-temperature properties, filtration, hydraulic reservoir, heat exchange, experience of exploitation.

Відомості про авторів

Аврунін Григорій Аврамович

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

Аврунин Григорий 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.

Мороз Ирина Іванівна

тел.: (+38) 0577053216,
irinamoroz25.01@ukr.net
ORCID 0000-0001-5950-2089,

Мороз Ирина Ивановна

тел.: (+38) 0577053216,
ORCID 0000-0001-5950-2089,
irinamoroz25.01@ukr.net.

Moroz Irene

tel. (+38) 0577053216,
ORCID 0000-0001-5950-2089,
irinamoroz25.01@ukr.net.