

УДК621.25

Аврунин Г.А., Вакуленко В.В., Волченко Ю.И., Квитка В.Б.

**О ВЫБОРЕ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ ДЛЯ ОБЪЕМНЫХ ГИДРОПРИВОДОВ
МОБИЛЬНЫХ МАШИН**

Анализ конструкций современных военных бронированных машин показывает на широкое применение объемного гидропривода для автоматизированного управления коробкой перемены передач и механизмом поворота [1]. Размещение узлов гидроавтоматики и объемных гидромашин в моторно-трансмиссионном отсеке, где температура окружающего воздуха и рабочей жидкости (РЖ) достигает 100 °С и более, предъявляет повышенные требования к обеспечению их надежной работы. Другой проблемой является обеспечение сокращенного по продолжительности пускового периода при работе гидропривода в условиях отрицательных температур окружающего воздуха. А так как надежность гидропривода в значительной мере определяется чистотой РЖ, то ее очистке должно уделяться повышенное внимание, особенно в гидросистемах механических трансмиссий (коробок передач) и объемных гидроприводов, использующих общий гидробак. И если для гидропривода поворота мобильной машины (гусеничной или колесной) гидросистема может быть выполнена отдельно от трансмиссии, то узлы гидроавтоматики для переключения передач работают на единой с механической трансмиссией РЖ.

Целью настоящей статьи является анализ современных тенденций по проблемам выбора РЖ для гидроприводов мобильных машин.

Проблема выбора оптимального сорта РЖ стала ощущаться в последнее время в связи с созданием в КП ХКБМ им. А.А. Морозова новых типов объемных гидропередач радиального типа с шариковыми поршнями [2], применением аксиальнопоршневых гидромашин и гидроаппаратуры с электрогидравлическим, в том числе с пропорциональным, управлением параметрами потока РЖ для регулирования рабочего объема насосов и переключения передач в коробках планетарного типа.

В настоящее время рынок РЖ в Украине представлен ведущими мировыми фирмами "British Petroleum", "Mobil", "Shell", "Petrofer", "Castrol", "ARAL", "Optimol", "Tribol", "Molub-Alloy", фирмами стран СНГ и отечественными производителями - ОАО "АЗМОЛ" (г. Бердянск) и "Кременчугский нефтемаслозавод".

РЖ должна обладать эксплуатационными характеристиками, удовлетворяющими ряду функциональных требований: рабочего тела; смазывания контртел высоконагруженных узлов трения качения и скольжения гидромашин и гидроаппаратов; удаления загрязнений путем их переноса к фильтроэлементам и обеспечивая при этом высокий уровень фильтруемости; отвода тепла от узлов трения и их защиту от коррозии [3].

Выбор РЖ для объемных гидроприводов осуществляется, прежде всего, исходя из удовлетворения трибологическим (смазочным) и вязкостно-температурным характеристикам гидромашин, закладываемых конструктором в проектируемый гидропривод.

В настоящее время производители гидрооборудования расширили ассортимент рекомендуемых для эксплуатации РЖ, а номенклатура выпуска последних позволяет сделать выбор с учетом таких важных факторов как стоимость, совместимость с уже используемыми РЖ, стабильность характеристик в рабочем диапазоне температур, обеспечение экологической безопасности, огнестойкости и др. Обычно большие труд-

ности возникают при назначении сорта РЖ при разработке оригинальной конструкции гидромашин, отличающейся более высокими техническими параметрами по сравнению с аналогами по частоте вращения, давлению и экстремальным значениям температур.

За рубежом для оценки трибологических характеристик трансмиссионных и гидравлических масел широко применяется стендовый тест FZG A/8.3/90 по стандарту DIN 51 534 (часть 2), имитирующий работу зубчатой пары. Критерием оценки свойств РЖ является резкое уменьшение массы зубчатых колес или разрушение (задир) более 20 % рабочей поверхности зубьев [4]. Так как пары трения гидромашин работают с различными контактными нагрузками, то в зависимости от значений давления в диапазоне от 8 до 32 МПа и более, РЖ должна обеспечивать соответственно 5...12 ступеней нагружения по тесту FZG. В отечественной практике трибологические характеристики РЖ определяются по ГОСТ 9490-75 на четырехшариковой машине трения (по индексу задира, нагрузке сваривания и диаметру пятна износа). Трибологические характеристики, полученные по разным методикам, могут приближенно сравниваться между собой: ступени 11 и 12 нагружения по тесту FZG эквивалентны значениям пятна износа 0,35 и 0,5 мм при нагрузке 200 и 400 Н соответственно, 11-я ступень нагружения эквивалентна индексу задира более 336 [5].

Современной тенденцией является широкая унификация масел, применяемых в различных машинах и механизмах и адаптированных для эксплуатации в объемных гидроприводах. Согласно рекомендациям ведущих мировых производителей гидрооборудования (фирмы “PARKER”, “Rexroth Bosch Group” и “SAUER-SUNDSTRAND”) для мобильных гидросистем рекомендуются многоцелевые (универсальные) масла, к которым относят:

- гидравлические классов HLP и HVLP согласно DIN 51524, часть 2;
- моторные по API-SF или CD, а также MIL-L 2104C и MIL-L-46152B;
- для автоматических коробок передач типа ATF;
- высококачественные турбинные масла и другие РЖ класса HVLP с высоким значением индекса вязкости (более 140).

Классы вязкости масел по ГОСТ 17479.3-85 совпадают с международным стандартом ISO 3448 в диапазоне от 5 до 150 класса (каждый класс обозначает значение кинематической вязкости при температуре 40 °С).

Соответствие классов гидравлических РЖ и моторных масел:

ISO VG: 22(HLP)	32(HLP)	46(HVLP)	68(HVLP/HLP)	100 (HLP)
SAE: 5 W	10 W	10 W 30	10 W 30/20 W 20	W 30.

Для вязкости РЖ различают оптимальное значение, при котором достигаются максимальный КПД и ресурс, и экстремальные (максимальное и минимальное), при которых допускается работа гидропривода. Как правило, при экстремальных значениях вязкости вводятся ограничения по продолжительности работы гидромашин по частоте вращения и давлению во избежание возникновения режимов смешаного трения и повреждения поверхностей контртел (поршневых групп, распределительного узла, подшипников качения и скольжения). Отрицательные температуры изменяют функциональные свойства гидропривода, что вызвано изменением зазоров и натягов в сопряженных парах, ухудшением упругих свойств уплотнений и повышением вязкости РЖ [6]. Следствием изменения зазоров и натягов является уменьшение утечек РЖ и увеличение потерь на трение движущихся деталей. Ухудшение упругих свойств уплотнений приводит к потере герметичности. Повышение вязкости увеличивает сопротивление во всасывающей магистрали насоса, приводя к недозаполнению камер всасывания и кави-

тации, а в линии нагнетания к значительным тепловым потерям. Последствием отрицательных температур может быть разрушение гидросистемы, угрожающее безопасности и отрицательно влияющее на окружающую среду. Кроме того, подготовка гидросистемы к эксплуатации при низких температурах окружающего воздуха связана с таким важным ограничением, как поддержание минимального перепада температур между гидроустройствами и РЖ во избежание заклинивания прецизионных пар скольжения (поршневых и золотниковых) и подшипников качения. Обычно этот перепад температур не должен превышать 20...35 °С. Таким образом, недостаточно прогретая гидросистема ограничивает эксплуатационные возможности машин.

В таблице 1 приведены вязкостно-температурные характеристики РЖ для аксиально-поршневых гидромашин, работающих при экстремальных значениях температур. Современные достижения передовых западноевропейских фирм подчеркивают отставание по верхнему пределу эксплуатационных температур гидромашин производства ОАО “Гидросила” (г. Кировоград) и ОАО “Пневмостроймашина” (г. Екатеринбург), освоенных по лицензиям фирм “SAUER- SUNDSTRAND” и “C. RAUCH RG” более 30 лет тому назад. В целом для гидромашин минимальное значение вязкости составляет 5...15 сСт, оптимальное – 12...60 сСт и максимальное - не более 1600...2000 сСт.

Таблица 1 – Вязкостно-температурные характеристики РЖ для аксиально-поршневых гидромашин

Фирма, тип гидромашин	Диапазон, °С		Вязкость, мм ² /с (сСт)		
	мин.	макс.	мин.	оптим.	макс.
1. “SAUER-SUNDSTRAND” – серия 90	- 40	104/115	7	12...60	/1600
2. “Rexroth Bosch Group” – серия A4VG	- 40	90/115	5	16...36	/1600
3. “PARKER HYDRAULICS” – серия HD2	- 40	135	15	21	500/2000
4. ОАО “Гидросила” – серия 20 (ГСТ)	- 12	80	12	30	600/1000
5. ОАО “Пневмостроймашина” – серия 310/313	- 40	75	10	20...35	/1500

Примечания: 1. Цифры под чертой указывают максимальные кратковременные значения температур и вязкости РЖ (при пуске); 2. Гидромашинны NN 1...4 с наклонным диском; N 5 с наклонным блоком цилиндров.

Следует подчеркнуть, что хотя в последние годы на западноевропейском рынке появились гидромашинны и гидрооборудование, адаптированные к работе на повышенных температурах до 100...135 °С, эти достижения являются уникальными и получены в результате большого объема исследований и экспериментального опыта в области новых конструкторских решений, материалов и РЖ и не снижают важности проблем, связанных с износом, снижением КПД и долговечности гидропривода и РЖ [6].

В таблице 2 приведены краткие сведения о современных РЖ, применение которых возможно в объемных гидроприводах мобильных машин. Так как не все производители приводят значения индекса вязкости (ИВ), то вводим в рассмотрение соотношение $k_{\Delta v}$ значений вязкостей РЖ при температурах 40 и 100 °С для ориентировочного сопоставления РЖ по вязкостно-температурным свойствам.

Исключительно высокими значениями ИВ характеризуются РЖ, рекомендуемые фирмой “Rexroth Bosch Group” для работы аксиально-поршневых гидромашин при низ-

ких температурах окружающего воздуха: “AVILUB ARTIC 32”, “AVIA FLUID 44” и “BP SMF 50” (ИВ = 360; 217 и 143, температура застывания менее “минус” 55; 54 и 36 °С, соответственно). Повышенные значения ИВ указанных РЖ существенно улучшает пусковые возможности гидропривода (вязкость РЖ при температуре “минус” 40 °С составляет 1200; 900 и 2700 сСт соответственно, причем первые два значения существенно меньше критического для пуска в 1600 сСт). В то же время рост ИВ снижает трибологические характеристики РЖ (индексу вязкости 360; 217 и 143 соответствует число ступеней нагружения 10; 11 и 12 по тесту FZG). Кроме того, для РЖ типа “AVILUB ARTIC 32”, являющейся всесезонной, имеются указания фирмы “Shell” [8] о возможности ее эксплуатации в гидравлических системах при температуре не более 70 °С. Аналогичную характеристику имеет РЖ типа “Aral Vitam H 540” с ИВ = 279 и числом ступеней нагружения в пределах 10. Таким образом, применение РЖ с высокими значениями ИВ может потребовать снижения давления и скоростных нагрузок на узлы трения гидромашин.

Высокие вязкостно-температурные характеристики имеют РЖ для гидравлических авиационных систем. Так, минеральное масло “AeroShell Fluid 41” (аналог широко применяемого в странах СНГ масла АМГ-10), имеет температуру застывания менее “минус” 60 °С и поставляется с повышенной степенью очистки, что очень важно для обеспечения надежности и ресурса гидросистем самолетов, достигающего 20 тыс. и более часов. Коэффициент $k_{\Delta v} = 2,7$, что является минимальным значением среди всех рассмотренных сортов РЖ. Однако вязкость этих жидкостей при температуре 100 °С не превышает 5...10 сСт, что является существенным ограничением для их использования в гидроприводах бронированных мобильных машин.

Фирма “Mobil” [9] имеет в своем ассортименте высококачественные РЖ (минеральные масла и синтетические) для специализированного применения в объемных гидроприводах, гидродинамических передачах (автоматических коробках передач), двигателях внутреннего сгорания и механических трансмиссиях.

Серия особо качественных гидравлических масел на синтетической основе “Mobil” SHC 500 отличается высокими вязкостно-температурными и противоизносными свойствами (11 ступень согласно тесту FZG), обладает хорошей фильтруемостью.

Моторные масла выпускаются с ИВ от 136 до 197, причем более высокие значения ИВ имеют синтетические масла “Mobil 1” и “Mobil 1 Rally Formula” (197 и 184, соответственно), обеспечивая температуру застывания менее “минус” 54 °С и в то же время достаточно высокие значения коэффициента кинематической вязкости при температуре 100 °С (13,5 и 17,3 сСт, соответственно).

Трансмиссионные РЖ фирмы “Mobil” выпускаются с ИВ от 97 до 204. Для использования в объемных гидропередачах мобильных машин представляют интерес синтетические масла “Mobil ATF SHC” и “Gearlube VS 200” (ИВ = 200 и 204, соответственно), серии “Mobilube SHC” (ИВ = 149...173) и масла на минеральной основе для автоматических трансмиссий серии ATF: “Mobil ATF” и “Mobil ATF 200/210/220” (ИВ = 200; 149; 192 и 161 соответственно). Масло “Mobil ATF 200” классифицируется дополнительным суффиксом “А” и рекомендуется для использования в объемных гидрорепердачах фирмы “Rexroth Bosch Group”.

В таблице 2 приведены также характеристики РЖ, специально созданных в ОАО “АЗМОЛ” для применения в объемных шарико-поршневых гидрорепердачах разработки КП ХКБМ им. А.А. Морозова (синтетического ГП № 1 и полусинтетического ГП №2 масел [10]) и трансмиссионного масла ТАД-17и (впервые исследованного в качестве гидравлического в НИИ гидроприводе и КП ХКБМ им. А.А. Морозова) и для

сравнения синтетической трансмиссионной РЖ “Mobil SHC 75-W90”.

Таблица 2 – Характеристики РЖ для гидроприводов мобильных машин

Сорт Р.Ж. / основная область применения, основа	Вязк., мм ² /с		ИВ	$k_{\Delta v}$	Тз, °С	v/T	Тест FZG
	100 °С	40 °С					
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
Mobil ATF /ГМ	7,9	35	200	4,4	-48		
Mobil ATF 200 /ГМ	7,8	44	149	5,6	-40		
Mobil ATF 210 /ГМ	8,5	41	192	4,8	-45		
Mobil ATF 220 /ГМ	7	36	161	5,1	-45		
Mobil ATF SHC /ГС	7,4	33	200	4,5	-51		
MobilAgriFluid424/ГМ	9,6	86		8,9	-39		
MobiltransHD10W/ГМ	10,6	39		3,7	-30		
MobilDTEOil 27 /ГМ	10,9	95		8,7	-23		
MobilDTEOil 18M /ГМ	12,8	100		7,8	-34		
MobilDTEOil 19M /ГМ	16	145		9,1	-34		
MobilSHC526 /ГС	11,5	68		5,9	-54		11
MobilAeroHF-A /ГМ	5,1	12,6	200	2,5	-59		
Mobil SHC75-W90 /ГС	15,6	106	150	6,8	-54	8,4/130	656*
AVILUB ARTIC32 /Г	10	29	360	2,9	-55	1200/-40	10
AVIA FLUID 44 /Г	≤ 5	16	217	3,2	-54	900/-40	11
BP SMF 50 /Г	≤ 5	18	143	3,6	-36	2700/-40	12
OPTIMOL HYDO MV:							
HYDO MV 32 /ГМ	7	35	170	5	-38		12
HYDO MV 46 /ГМ	9	47	170	5,2	-35		≥ 12
HYDO MV 68 /ГМ	11	72	148	6,5	-32		≥ 12
HYDO MV 100 /ГМ	13	98	137	7,5	-30		≥ 12
AralVitamEHF 46 /ГС	9,1	46	180	5,1	-36		12
AralVitamEHF 22 /ГС	6,5	24,7	190	3,8	-24		-
AralVitamH 540 /ГС	10,4	38	279	3,7	-60		≥ 10
AralVitamF 46 /ГМ	8,1	46	149	5,7	-45	395/ 0	≥ 12
AralVitamF 68 /ГМ	10,8	68	150	6,3	-45	651/ 0	≥ 12
ShellTellus S 68 /ГМ	8,9	68		7,6	-30		
ShellTellus T 68 /ГМ	10,9	68		6,2	-36		
ShellTellus T100 /ГМ	14,7	100		6,8	-33		
ShellTellus TX68 /ГМ	11,4	68		6,0	-39		
ShellTellus TD46 /ГМ	9,3	46		4,9	-45		
ShellTellus Shell Arctic 32 (Tellarctic) /ГМ	10	30	360	3,0	-60		
AeroShellFluid 41 /ГМ	5,3	14,1			-60		
AMSOILATF /ГС	7	36	182		-56		0,4**
Азмол ГП №1 /ГС	17,1	107	170	6,2	-54	9,4/130	664*
Азмол ГП №2 /ГПС	14,75	105	140	7,1	-45	8,2/130	664*
ТАД-17И /ГМ	18,4	200	100	11	-25	9/130	558*
Гидромасло «А» /ГМ	6,5	30-45			-40		
ВМГЗ /ГМ	10/+50 °С	-	100	-		2300/-40	
МГЕ –10А /ГМ	10/+50 °С	-	-	-	-70	1500/-50	

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8
МГТ /ТМ	6-7	-	175		-55		0,5**/392*
МТ-4з/8ДС /ГС	8		115		-55	2600/-18	
МТ-5з/10Д /ГМ	8,5-12		115		-40	6000/-18	
ТГМ /ТГМ	9,3	64,6	121	6,9	-37		11/336*
МТ-8п /ТМ	8,2	83	90		-30		350*
ТСЗп-8 /ТМ	7,7	37,4	140		-50		392*

Примечания: 1. Обозначения под чертой в графе “Сорт Р.Ж.”: Г – для гидросистем; Т – трансмиссионное; М – на минеральной основе; С – синтетическое; ПС – полусинтетическое; ТГМ – трансмиссионно-гидравлическое (ОАО “Ярославнефтеоргсинтез” [7]); 2. ИВ – индекс вязкости; Из – индекс задира; 3. ν/T – значение вязкости (сСт) при критической температуре ($T^{\circ}\text{C}$); 4. Результаты испытаний на 4-х шариковой машине трения: (*) – Индекс задира, Н; (**) – Пятно износа, мм.

Масло ГП №1 обладает высоким уровнем вязкостно-температурных и трибологических характеристик за счет подбора соответствующей масляной базы и специальных присадок.

Повышенный интерес с точки зрения использования в гидромеханических трансмиссиях и двухпоточных коробках перемены передач (сочетающих объемный гидропривод и планетарную коробку передач) представляют РЖ серии ATF для автоматических коробок передач. Эти РЖ имеют длительный срок службы и практически без замены могут эксплуатироваться в автоматической трансмиссии транспортного средства. Исторически сложилось так, что требования к маслам ATF устанавливаются ведущими автомобильными фирмами “General Motors” и “Ford”.

Фирмой “General Motors” разработан ряд спецификаций для масел ATF:

- ATF (тип “А”) обозначает тип масла, рекомендуемый для коробок передач легковых автомобилей. Маслам, прошедшим испытания, присваивались квалификационные номера AQ (по договору с фирмой “General Motors” работы проводились бронетанковым исследовательским центром “Amour Research”, квалификационный номер масла записывался в виде “Amour Qualification N...”);

- DEXRON (B) – действующая в настоящее время спецификация. Допуск масла проводится фирмой “General Motors” под номером “B”;

- DEXRON 11 (General Motors 6137 M) является новейшей спецификацией РЖ для автоматических коробок передач, в которой учтены требования предыдущих спецификаций и ужесточены требования по охране окружающей среды в части использования ряда присадок.

РЖ для автоматических коробок передач типа “F” согласно спецификациям фирмы “Ford” (Ford M2C33F и M2C33G) по коэффициенту трения существенно отличаются от жидкостей DEXRON фирмы “General Motors”. Так, фирма “Ford” отдает предпочтение РЖ, в которых коэффициент трения увеличивается со снижением скорости скольжения, в то время как фирма “General Motors” требует снижения коэффициента трения. Для объемных гидropередач предпочтительней выглядит последняя тенденция, так как пусковые характеристики гидромоторов в значительной мере зависят от значений коэффициента трения в поршневых парах и распределительных узлах.

В СНГ выпускаются два сорта РЖ для автоматических коробок передач: (“А” и “МГТ”), соответствующие требованиям фирмы “General Motors”.

Для РЖ класса ATF производители не приводят трибологических характеристик, что затрудняет их сравнение с другими сортами, рекомендуемыми для объемных гидроприводов. Исключением являются приведенные в обзоре [11] характеристики синтетической РЖ “AMSOIL ATF”, имеющей ИВ = 182 (значения вязкости при 40 и 100 °С составляют 36 и 7 сСт соответственно, свойства текучести сохраняются до “минус” 56 °С) и значение пятна износа на 4-х шариковой машине трения – 0,4 мм (при нагрузке 400 Н, частоте вращения 1200 мин⁻¹ и продолжительности в 1 час согласно стандарту ASTM D 41728В),

В настоящее время в КП ХКБМ им. А.А. Морозова и НИИ гидроприводе накоплен опыт использования следующих РЖ:

– Масло трансмиссионное ТАД-17и (ТУ У 23.2-00152365-142-201) – универсальное, на минеральной основе, содержащее многофункциональную серофосфоросодержащую, депрессорную и антипенную присадки и предназначенное для смазывания цилиндрических, конических, червячных, спирально-конических и гипоидных передач автомобилей и другой техники. Масло ТАД-17и относится к группе ТМ-5 согласно ГОСТ 1479.2-85 (или GL-5 по стандарту API) и допускает работу механизмов с ударными нагрузками и при высоких контактных напряжениях;

– Масла “Mobil” DTE 19М (гидравлическое) и для автоматических трансмиссий ATF 200 (суффикс “А”) использовались для аксиальнопоршневых гидромашин фирм “Rexroth Bosch Group” и “SAUER- SUNDSTRAND”. Сорт РЖ подбирался исходя из условий эксплуатации гидроприводов: DTE 19М при температуре 80...115 °С; ATF 200 – при 60...80 °С;

– Масла для автоматических трансмиссий “Mobil ATF 200/220” (ИВ = 149; 161, соответственно) применялось по своему целевому назначению в планетарных коробках перемены передач с гидравлическим и электрогидравлическим видами управления;

– Синтетическое масло ГП N1 разработки ОАО “АЗМОЛ”, исследованное на стенде с аксиально-поршневой и шестеренной гидромашинами [10];

– Гидравлическое масло МГЕ-10А (ОСТ 38.01281-82), содержащее антиокислительную и противоизносную присадки, испытано в гидроприводах инженерных машин.

В Украине использование РЖ класса ATF для объемных гидроприводов типа ГСТ рекомендовано ОАО “Гидросила” (масло марки “А”, ТУ 38.1011282-89, область применения которого ограничена температурой окружающего воздуха “минус” 12 °С).

Современная тенденция унификации масел реализована в Российской Федерации в универсальных всесезонных маслах ТГМ (трансмиссионно-гидравлическое) и ТГ-4з/8ДС и МТ-5з/10Д (моторно-трансмиссионно-гидравлическое) для гидросистем тракторов [7;12]. Применение универсальных всесезонных масел позволяет упростить проблемы их утилизации и исключить возможные ошибки персонала, связанные с использованием масла не по назначению, что может привести к снижению ресурса и надежности агрегатов (например, при заправке двигателя трансмиссионным маслом).

Выводы

1. В настоящее время накоплен определенный опыт применения в мобильных машинах отечественного и зарубежного производства масел с высокими вязкостно-температурными и трибологическими характеристиками, обеспечивающих функционирование при экстремальных температурах и повышение долговечности узлов трения гидромашин и механических передач. Современной тенденцией является рекомендуе-

мое и фирмами применение в объемных гидроприводах наряду с гидравлическими маслами трансмиссионных и моторных масел.

2. Одной из наиболее перспективных отечественных разработок является создание в ОАО "АЗМОЛ" синтетических масел для применения в объемных гидроприводах и гидромеханических передачах. В связи с полученными положительными результатами стендовых исследований синтетического масла типа ГП №1 следует считать целесообразным расширение испытаний, в том числе в эксплуатационных условиях.

Литература

1. Бусяк Ю.М., Веретенников А.И., Завадский А.М., Корецкий Н.А., Лизунов К.М. Перспективы развития трансмиссий военных бронированных машин. Механіка та машинобудування // Науково-технічний журнал.–Харків: НТУ "ХПИ", 2004.– №1. – С. 102–106.
2. Аврунин Г.А., Кабаненко И.В., Хавиль В.В., Истратов А.В., Богачев С.В., Лизунов К.М. Объемная гидropередача с шариковыми поршнями ГОП-900: Характеристики и технический уровень // Механіка та машинобудування. Науково-технічний журнал.– Харків: НТУ "ХПИ", 2004.–№1. – С. 14–21.
3. Кондаков Л.А. Рабочие жидкости и уплотнения гидравлических систем. – М.: Машиностроение, 1982.–216 с.
4. Смазочные материалы: Антифрикционные и противоизносные свойства. Методы испытаний: Справочник/ Р.М. Матвеевский, В.Л. Лахши, И.А. Буяновский и др.- М.: Машиностроение, 1989.–224с.
5. Каверзин С.В. Работоспособность гидравлического привода самоходных машин при низких температурах. Красноярск: Изд-во Красноярского ун-та, 1986, 144 с.
6. Морсин В.М. Влияние отрицательных температур на гидропривод СДМ по показателям безопасности и экологии // Строительные и дорожные машины. 1996, № 4.– С. 27–28.
7. Арабян С.Г., Яковишина А.М., Ермакова Т.И. Единое всесезонное трансмиссионно-гидравлическое масло ТГМ для тракторной техники // Строительные и дорожные машины, №2, 2000 г, с. 30–32.
8. "Shell" - Каталог смазочных материалов // СП "Донбасс-Ойл" – официальный дистрибьютер Shell East Europe Company Limited.– 2004. – 54 с.
9. "Mobil" – Каталог автомобильных и промышленных масел-2003 г.
10. Аврунин Г.А., Початовский С.В., Беспалов Р.И., Сергеева О.В., Гаврюшенко Р.И. Некоторые результаты испытаний нового синтетического масла для объемного гидропривода // Промислова гідроліка і пневматика, 2003, № 2. – С. 32–34.
11. Automatic Transmission Group. Copyright 1998, 2001. www.atgservice.ru.
12. Резников В.Д. Единые всесезонные моторно-трансмиссионно-гидравлические масла ТГ-4з/8ДС и МТ-5з/10Д // Приводная техника, №10 (сентябрь-октябрь), 1996 г., с. 18.

Аврунін Г.А., Вакуленко В.В., Волченко Ю.І., Квітка В.Б.

ВИБІР РОБОЧОЇ РІДИНИ ДЛЯ ГІДРОПРИВОДІВ МОБІЛЬНИХ МАШИН

У статті розглянуто питання вибору робочої рідини для гідроприводів мобільних машин.

