

УДК 630.383

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Волков В.Н., Бурмистров В.А., Тимохова О.М.

*ФГБОУ ВПО «Ухтинский государственный технический университет»,
Ухта, e-mail: chonochka@mail.ru*

В статье приведен анализ условий работы лесозаготовительной техники в районах Республики Коми, по результатам которого можно сделать вывод, что тяжелые погодные условия особенно большое влияние оказывают на эксплуатацию лесных тракторов, оснащенных гидравлическим оборудованием. Помимо функции энергоносителя рабочая жидкость в гидравлической системе обеспечивает смазку трущихся поверхностей гидравлических агрегатов. Для того, чтобы жидкость обеспечивала требуемую надежность и долговечность работы системы, она должна обладать соответствующими эксплуатационными свойствами и удовлетворять предъявленным требованиям. Поэтому для обеспечения нормальных условий эксплуатации гидравлических систем необходимо предусмотреть комплекс мероприятий, позволяющий уменьшить время прогрева системы и обеспечить режим при работе на холостом ходу, а также нормальную работу при различных нагрузочных режимах.

Ключевые слова: гидравлическая система, гидравлическая жидкость, лесозаготовительная техника, надежность, температура, давление

FEATURES WORK HYDRAULIC SYSTEM LOGGING TECHNOLOGY IN OPERATION AT LOW TEMPERATURES

Volkov V.N., Burmistrov V.A., Timokhova O.M.

FGBOU VPO «The Ukhta state technical university», Ukhta, e-mail: chonochka@mail.ru

The article is an analysis of the working conditions of forestry equipment in the areas of the Republic of Komi, the results of which can be concluded that severe weather conditions are particularly great influence on the operation of forestry tractors equipped with hydraulic equipment. In addition to an energy function of the hydraulic fluid in the hydraulic system provides lubrication of the rubbing surfaces of hydraulic power units. In order to provide fluid required reliability and durability of the system, it should have the appropriate performance characteristics and meet your requirements. Therefore, to ensure the normal working conditions of hydraulic systems is necessary to provide a set of measures, which allows to reduce warm-up time of the system and provide mode when idling, and also operate at various load conditions.

Keywords: hydraulic system, hydraulic fluid, forestry equipment, reliability, temperature, pressure

Особенности природных условий Республики Коми заключаются в большей, по сравнению с другими областями Европейского Севера, суровости климата, в наличии вечной мерзлоты, в широкой заболоченности местности, труднодоступности многих районов из-за слабо развитой системы транспортных связей.

Положение Республики Коми в высоких широтах и на окраине обширного материка обусловило важнейшие особенности климата на территории республики. Продол-

жительность дня изменяется от 0 часов до 18,5 летом на Крайнем Севере и от 6 часов до 18,5 летом на юге.

На климаты отдельных частей республики значительное влияние оказывают горные поднятия Урала, Тиммана и Северных увалов. Но в основном вследствие обширности территории изменения климата на ней подчинены закономерностям широкой зональности. В табл. 1 содержатся средние показатели некоторых климатических параметров на территории Республики Коми.

Таблица 1

Климатические параметры районов

Районы	Широта		Высота над уровн. моря	Средняя температура воздуха (в, °С)			Годовое к-во осадков, мм
	° град.	мин		среднегодов.	января	июля	
Воркутинский	67	03	87	-6,3	-22,4	12,4	456
Печорский	65	76	76	-4,7	-21,2	15,3	540
Ухтинский	62	42	123	-2,9	-20,1	15,5	520

Климат Республики Коми характеризуется продолжительной суровой зимой с преобладанием ясной и безветренной по-

годы, коротким, умеренно теплым дождливым летом, короткой весной и осенью с неустойчивой ветреной погодой, быстрыми

и частыми сменами температур и большим количеством выпадающих осадков. Если за условную границу перехода от зимы к весне и от осени к зиме принять дни со среднесу-

точной температурой -5°C , а от весны к лету и от лета к осени с температурой $+10^{\circ}\text{C}$, то продолжительность сезонов характеризуется следующим количеством дней (табл. 2).

Таблица 2

Продолжительность сезонов

Районы	Продолжительность дней					
	весны	лета	осени	зимы	безморозного периода	отопительного периода
Воркутинский	45	60	45	215	65	290–300
Печорский	45	70	45	205	85	260–280
Ухтинский	45	70	45	205	85	260–280

Среднегодовые температуры для этих районов минусовые: примерно -3°C в Ухтинском и -7°C в Воркутинском районе. Средние многолетние январские температуры в тех же пунктах соответственно равны $-20,1$ и $-22,4^{\circ}\text{C}$. Зарегистрированный абсолютный минимум температур колеблется в этих районах от -30 до -39°C . Первые заморозки приходятся на вторую половину августа, последние – на первую половину

июня. Продолжительность морозного периода составляет не менее 9 месяцев. Средние температуры зимних месяцев характеризуются по отношению к среднеянварской следующими величинами: в марте $25 \pm 5\%$, в апреле $10 \pm 5\%$, в октябре $20 \pm 5\%$, в декабре $30 \pm 5\%$.

Количество выпадающих осадков примерно равномерно распределено по районам, видам осадков и сезонам (табл. 3).

Таблица 3

Количество осадков по республике

Районы	Количество осадков, мм			Снежный покров	
	суммарно в год	летом (дожди)	зимой (снег)	глубиной (см/х)	продолжительность, дней
Воркутинский	456	366–326	9–130	$\frac{60-70}{130-150}$	220–250
Печорский	540	440–390	100–150	$\frac{70-110}{140-200}$	210–250
Ухтинский	520	430–380	80–140	$\frac{60-100}{140-200}$	210–250

Примечание. * – х в числителе средняя, в знаменателе наибольшая.

Тяжелые погодные условия особенно большое влияние оказывают на эксплуатацию лесных тракторов, оснащенных гидравлическим оборудованием. Три четверти парка лесных машин в течение от 7 до 9 месяцев в году эксплуатируются в условиях низких температур, сильных ветров, при сокращенном световом времени суток, при наличии снежного покрова. Основная часть лесозаготовительной техники, оснащенной гидравлическим оборудованием, рассчитана на надежную и эффективную работу при температуре окружающего воздуха не ниже -20°C . При понижении температуры ниже -20°C эксплуатация механизмов усложняется и возникает потребность в их дополнительном оборудовании; а также обязательном обеспечении специальными зимними сортами топлива, смазок и гидравлических жидкостей.

Из анализа условий работы лесозаготовительной техники в районах Республики Коми следует, что все его механизмы и гидравлическая система для сохранения своей работоспособности должны:

– обеспечить возможность запуска и непродолжительного прогрева гидравлической системы, с последующей эффективной работой при температуре до -50°C ;

– гидравлическая система должна быть высоконадежной, т.к. в зимний период возникает сложность устранения отказов в процессе эксплуатации.

В качестве жидкостей для гидросистем в настоящее время используются как продукты из нефти, так и синтетические вещества. Для того, чтобы жидкость обеспечивала требуемую надежность и долговечность работы системы, она должна обладать

соответствующими эксплуатационными свойствами и удовлетворять предъявленным требованиям, а они определяются условиями, в которых жидкость должна работать.

В гидросистемах зарубежных тракторов в большинстве случаев применяются все-сезонные маловязкие масла, срок службы которых обеспечивает нормальную работу гидросистемы в течение всего срока службы трактора 6–8 лет почти без доливок.

Анализ физико-химических свойств гидравлических жидкостей, применяющихся в гидросистемах зарубежной техники, показывает, что они обладают хорошими вязкостно-температурными свойствами. Из отечественных гидравлических жидкостей по своим свойствам наиболее подходит АМГ-10, но при достижении температуры +50–60°C вязкость этого масла резко уменьшается, в результате чего увеличивается утечка, падает КПД насоса, ухудшаются условия смазки трущихся поверхностей.

Для правильного выбора рабочих жидкостей необходимо учитывать их вязкостно-температурную зависимость. Существуют разные мнения о верхней границе вязкости рабочих жидкостей, при которых обеспечивается работоспособность без нарушения смазывающей способности масел и без разрыва сплошности, которая лежит в пределах 2000–5000 сст. Допустимые температурные пределы применения рабочих жидкостей различных марок лежат в широком диапазоне, при этом некоторые масла не удовлетворяют требованиям эксплуатации гидропривода. Например, в инструкциях по обслуживанию машин и в технической литературе рекомендуется использовать в качестве рабочей жидкости при низкой температуре окружающего воздуха трансформаторное масло, однако оно не обладает хорошими смазывающими свойствами, а потому этот недостаток приводит к интенсивному изнашиванию сопрягаемых поверхностей.

Масла АМГ-10, АУП и МГ-20 имеют более высокую очистку и лучшие эксплуатационные качества, поэтому их рекомендуют как основные масла при эксплуатации в условиях низких температур. Но АМГ-10, АМГ, МГ-20 дефицитны и имеют высокую стоимость, в силу этого для гидроприводов тракторов они фактически применяются редко.

Наиболее часто применяются дешевые индустриальные масла ИС-12, ДП-8 и ДС-8, которые при низких температурах окружающего воздуха (–20...–30°C) имеют вязкость, превышающую 5000 сст.

Как известно, в гидравлической системе рабочая жидкость, кроме функции энергоносителя, обеспечивает также смаз-

ку трущихся поверхностей гидравлических агрегатов. Поэтому к ней предъявляются требования, чтобы обеспечить на поверхности трущихся деталей прочные и устойчивые масляные пленки, исключающие возникновение сухого трения.

Однако сохранить первоначальные механические и физические свойства рабочих жидкостей при эксплуатации в условиях отрицательных температур практически не удается. Вопрос о том, какую вязкость масла следует выбирать, не может быть решен однозначно. Необходимо принимать во внимание большое число факторов. Одним из них является оценка пригодности масла для зимних условий работы гидропривода. Эталон здесь обычно служит температура застывания. Однако следует иметь в виду, что данный показатель весьма условен. Установленная ГОСТом температура застывания не является показателем текучести масла. При прокачивании по системам и каналам механизмов масло теряет текучесть при температуре на 8–12°C выше температуры застывания, особенно это показательно в каналах малого диаметра (обычно 10–16 мм). Нижний температурный предел работоспособности масел, применяемых в гидросистемах, согласно работе Т.М. Башта должен быть на (10–17°C) выше температуры застывания. Однако при этом не оговаривается, каким должно быть при этом максимально допустимое давление в системе [1].

При выборе масла для зимних условий необходимо учитывать, что на прокачиваемость масла влияют не только рабочее давление, создаваемое насосом, а и общее гидравлическое сопротивление в трубопроводах и узлах гидросистемы.

По данным [4] при увеличении давления до 100 кгс/см² вязкость минеральных масел увеличивается на 13–18%. Влияние температуры на вязкость масла можно определить, воспользовавшись уравнением

$$V_t \cdot t^n = V^{50} \cdot 50^n = \text{const}, \quad (1)$$

где V_t – коэффициент кинематической вязкости; n – коэффициент, учитывающий вид жидкости; t – температура рабочей жидкости.

Данная формула пригодна для температурного предела с температурой +50...+100°C.

Как известно, минеральные масла при низких температурах обладают рядом особенностей. При низких температурах течение минеральных масел может не подчиняться закону Ньютона, т.е. возникают аномальные вязкости, и такие жидкости можно назвать неньютоновскими.

Для ньютоновских жидкостей график зависимости скорости сдвига от направления сдвига проходит через начало

координат, т.е. деформации в жидкости наступают даже при бесконечно малых напряжениях. На основании закона Ньютона касательное напряжение τ_c равно

$$\tau_c = \mu \frac{aV}{a\dot{\gamma}}, \quad (2)$$

где μ – коэффициент динамической вязкости; a – радиус трубопровода; V – скорость.

При аномальном течении неньютоновских жидкостей, которые могут появиться при температурах, близких к температуре застывания, они могут двигаться только после того, как касательные напряжения мо-

гут больше предельного напряжения сдвига. В этом случае в формулу, выражающую зависимость касательного напряжения, необходимо включить предельное напряжение сдвига τ_0 .

$$\tau_c = \tau_0 + \mu \frac{dV}{a\dot{\gamma}}. \quad (3)$$

Изменение реологических особенностей свойств жидкости при низких температурах значительно усложняет аналитическое исследование законов течения жидкостей по трубам, к ним нельзя применять обычные формулы гидродинамики.

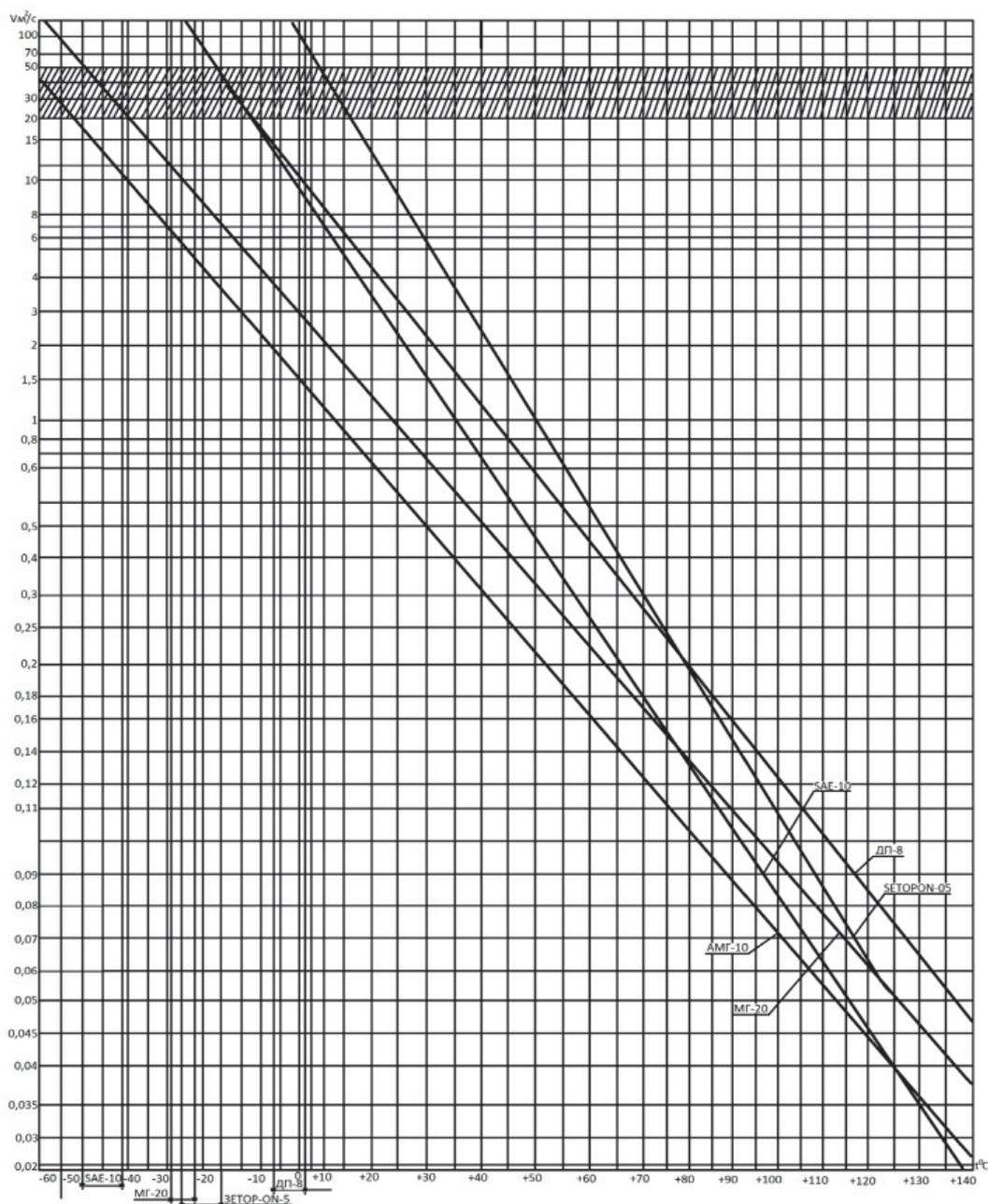


График изменения вязкости минеральных масел в зависимости от температуры

Для обеспечения нормальных условий эксплуатации гидравлических систем необходимо предусмотреть комплекс мероприятий, позволяющий уменьшить время прогрева системы и обеспечить режим при работе на холостом ходу, а также нормальную работу при различных нагрузочных режимах.

Список литературы

1. Башта Т.Н. Объемные насосы и гидравлические двигатели гидросистем. – М.: Машиностроение, 1974. – 258 с.
2. Беленков Ю.А. Надежность объемных гидроприводов и их элементов. – М.: Машиностроение, 1977. – 166 с.
3. Бурмистров В.А., Павлов А.И.. Исследование влияния отрицательных температур на изменение показателей гидравлических систем. Сборник научных трудов: материалы научно-технической конференции (17–20 апреля 2012 г.): в 3 ч.; ч. II / под ред. Н.Д. Цхадая. – Ухта: УГТУ, 2012. – С. 119–123.
4. Волков В.Н. Исследование работы гидравлических систем тракторов в условиях эксплуатации их при низких температурах в районах Коми АССР / В.Н. Волков, Г.П. Дроздовский, В.П. Подоплелов. – Коми филиал АН СССР: Сыктывкар, 1977.
5. Кубарев А.И. Надежность в машиностроении. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 224 с.

References

1. Basta T.N. displacement pumps and hydraulic motors, hydraulic. M.: Mechanical Engineering, 1974. 258 p.
2. Belenkov Yu.A. Reliability Hydrostatic transmissions and their components. M.: Mechanical Engineering, 1977. 166 p.
3. Burmistrov V.A., Pavlov A.I. Study the influence of negative temperatures change indicators hydraulic systems. Collection of scientific papers: Materials Science and Engineering Conference (17–20 April 2012): 3 hours; h II / ed. N.D. Tskhadaya. Ukhta: UGTU, 2012. pp. 119–123.
4. Volkov V.N. Investigation of hydraulic systems of tractors in their operating conditions at low temperatures in areas of the Komi ASSR / V.N. Volkov, G.P. Drozdowski, V.P. Podoplelov. Komi Branch of the USSR: Syktyvkar, 1977.
5. Kubarev A.I. Reliability Engineering. M.: Publishing House. Standards, 1989. 224 p.

Рецензенты:

Сушков С.И., д.т.н., профессор кафедры технологии и машин лесозаготовок, ФГБОУ ВПО «Ухтинский государственный технический университет», г. Ухта;

Скрыпников А.В., д.т.н., профессор кафедры лесных, деревообрабатывающих машин и материаловедения, ФГБОУ ВПО «Ухтинский государственный технический университет», г. Ухта.

Работа поступила в редакцию 28.07.2014.