

ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОВОЙ ПОДГОТОВКИ ГИДРОПРИВОДА СТРОИТЕЛЬНО-ДОРОЖНЫХ МАШИН НА СВОЙСТВА РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ

Бородин Д.М.

Тюменский индустриальный университет, Тюмень

Ключевые слова: рабочая жидкость, вязкостно-температурные свойства, температура стенки теплообменника, гидробак, система тепловой подготовки гидропривода, гидравлическая жидкость, теплообменник.

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы влияния применения системы тепловой подготовки гидропривода одноковшового экскаватора на свойства гидравлической жидкости. Приводится анализ способов тепловой подготовки гидропривода. Акцент сделан на способах тепловой подготовки гидропривода с помощью подвода тепла к гидравлической жидкости извне. Рассматриваются вязкостно-температурные свойства рабочих жидкостей с точки зрения их сохранения при различных температурах. Приводится схема установки температурных датчиков в процессе проведения экспериментов по тепловой подготовке гидропривода одноковшового экскаватора. Рассмотрено изменение температуры стенки теплообменника при теплообмене между отработавшими газами двигателя экскаватора и нагреваемой рабочей жидкостью гидропривода. Уделено внимание периодичности замены рабочих жидкостей в гидроприводах машин при применении тепловой подготовки с подведением тепла от внешних источников.

THE EFFECT OF THERMAL PREPARATION OF THE HYDRAULIC DRIVE CONSTRUCTION AND ROAD MACHINES ON THE PROPERTIES OF THE WORKING

Borodin D.M.

Tyumen Industrial University, Tyumen

Keywords: working fluid, viscosity-temperature properties, heat exchanger wall temperature, hydraulic tank, hydraulic drive thermal preparation system, hydraulic fluid, heat exchanger.

Abstract. The article deals with the influence of the use of the thermal preparation system for the hydraulic drive of a single-bucket excavator on the properties of the hydraulic fluid. An analysis of the methods of thermal preparation of the hydraulic drive is given. Emphasis is placed on the methods of thermal preparation of the hydraulic drive by supplying heat to the hydraulic fluid from the outside. The viscosity-temperature properties of working fluids are considered from the point of view of their preservation at various temperatures. A diagram of the installation of temperature sensors in the process of conducting experiments on the thermal preparation of the hydraulic drive of a single-bucket excavator is given. The change in the temperature of the heat exchanger wall during heat exchange between the exhaust gases of the excavator engine and the heated working fluid of the hydraulic drive is considered. Attention is paid to the frequency of replacement of working fluids in hydraulic drives of machines when using thermal preparation with heat supply from external sources.

Введение. Эксплуатация гидрофицированных машин при низких температурах окружающей среды, приводит к снижению их эксплуатационных показателей. Основной вклад в снижение производительности вносит рост потерь давления в гидросистеме, вызванный повышением вязкости рабочей жидкости. С целью нивелирования негативных последствий влияния низких температур на элементы гидропривода машин рекомендуются к применению различные средства и способы его тепловой подготовки.

Влияние тепловой подготовки гидропривода на рабочую жидкость

Рабочая жидкость, применяемая в гидросистемах транспортно-технологических машин является одной из составляющих, которые определяют требуемую работоспособность таких систем [1]. К основным функциям, выполняемым рабочей жидкостью в гидросистемах машин следует отнести [2]:

- а) перенос энергии от источника (гидронасос) к потребителям (исполнительные механизмы);
- б) смазочную – разделение поверхностей трения;

в) антикоррозионную – масляная плёнка предотвращает доступ к поверхности деталей кислорода и агрессивных сред, препятствуя появлению очагов коррозии;

г) уплотняющую – обеспечение герметичности узлов гидросистемы за счёт давления на уплотнения;

д) отвод лишнего тепла от нагреваемых в процессе работы элементов;

е) удаление загрязнений и продуктов износа от компонентов системы [3].

При эксплуатации гидрофицированных машин необходимо обеспечивать постоянство свойств применяемой рабочей жидкости.

Предприятия изготовители одноковшовых гидравлических экскаваторов рекомендуют перед пуском гидросистем в условиях низких температур медленные движения ненагруженными исполнительными механизмами перед началом работы [4]. Выход гидравлической системы на необходимый тепловой режим при таком способе подготовки при температуре окружающего воздуха минус 40°C может составлять около двух часов. Внутрисменное время работы машины в этом случае сократится на два часа. Так же соответственно рекомендациям нормативных документов, например СП 12-104 2002 при температурах окружающего воздуха от минус 20°C до минус 30°C необходимо снижать нагрузку машины при старте непрогретой гидросистемы на 25%, а при температурах окружающего воздуха от минус 30°C до минус 40°C снижать нагрузку до 50% по отношению к паспортной. Выполнение таких требований положительно сказывается на сроке службы узлов и агрегатов гидросистем транспортно-технологических машин, в то же время ведёт к снижению эффективности их использования. По этой причине для тепловой подготовки гидравлических систем транспортно-технологических машин предложен ряд других способов прогрева рабочей жидкости гидроприводов. К таким способам относятся: дросселирование, прогрев в малом гидробаке, электропрогрев посредством ТЭН, использование утилизационного тепла выхлопных газов [5, 6]. Два последних основаны на подведении внешнего тепла к рабочей жидкости в объёме гидробака (рис. 1).

Если для тепловой подготовки гидропривода используется дросселирование или подготовка осуществляется путём медленных движений исполнительных механизмов, то прогрев рабочей жидкости осуществляется за счёт внутреннего трения её молекул при прохождении её потоком отверстий с малым проходным сечением и сужений трубопроводов. При этом происходит мятие жидкости, которое сказывается на вязкости, и наблюдается деградация её свойств, которая вызывается фрагментацией молекул. Это ведёт к тому, что при применении дросселирования может снизиться исходная вязкость рабочей жидкости гидропривода [7]. При использовании прогрева рабочей жидкости за счёт теплообмена с выхлопными газами ДВС и электропрогрева с помощью ТЭН-ов может происходить локальный перегрев рабочей жидкости на участках теплообменника или трубок ТЭН-ов.

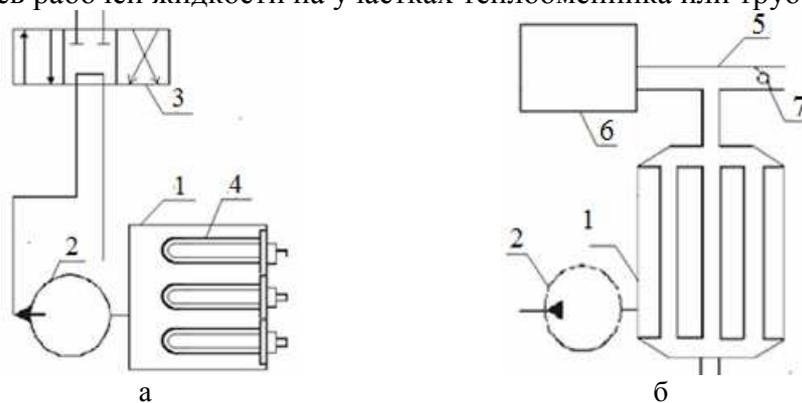


Рис. 1. Способы повышения теплового состояния рабочей жидкости: а) прогрев посредством ТЭНов; б) теплообмен с выхлопными газами; 1 – гидробак, 2 – насос, 3 – распределитель, 4 – ТЭН, 5 – выхлопной тракт, 6 – ДВС, 7 – заслонка

В результате, особенно при использовании электрических нагревателей при затруднённой конвекции в гидробаке на отдельных участках ТЭН-ов, наблюдаются зоны

пригорания гидравлического масла к поверхности. То же самое происходит и в теплообменниках, при использовании выхлопных газов, если конвекция затруднена и прогрев происходит на повышенных режимах работы двигателя. По условиям эксплуатации температура рабочей жидкости с целью сохранения её свойств и прежде всего необходимой вязкости должна находиться в определённых пределах. Одним из распространённых в России типов гидравлической жидкости для строительно-дорожных машин является масло ВМГЗ (МГ-15в). Необходимые пределы вязкости для работы такой жидкости в гидроприводе лежат в пределах 1500-10 мм²/с (рис. 2).

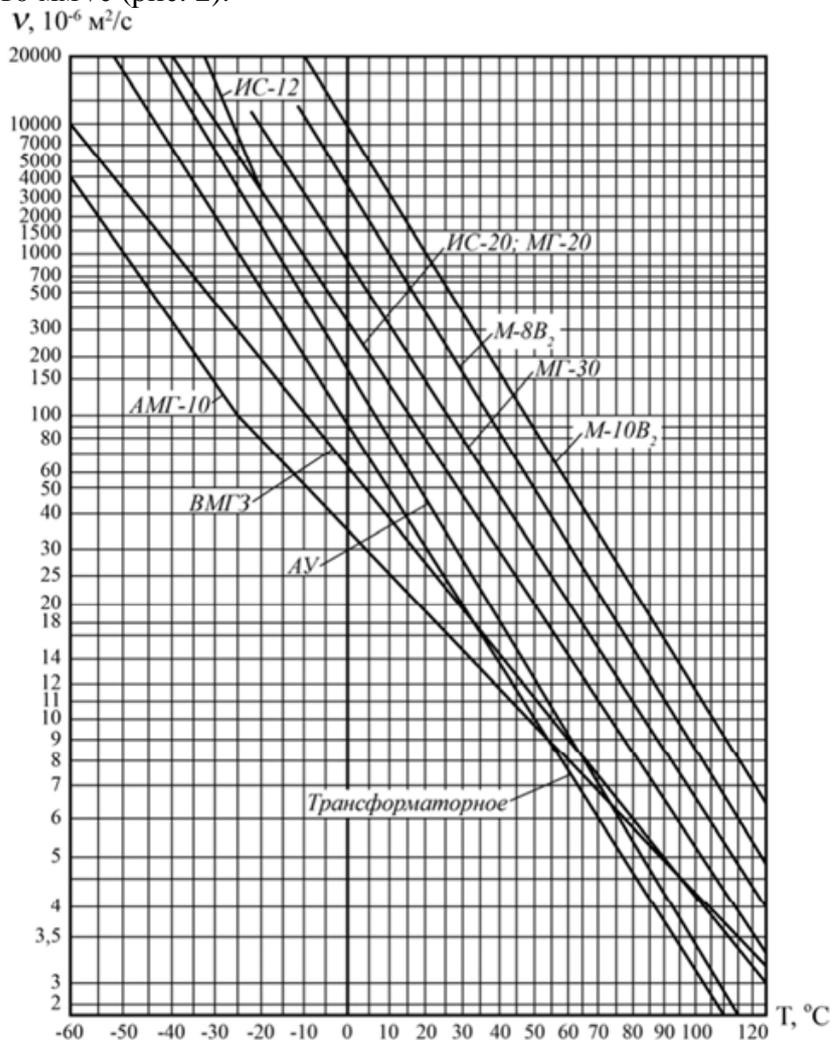


Рис. 2. Зависимость вязкости гидравлических жидкостей от температуры

Таким образом, данная жидкость имеет эти пределы вязкости при температурах окружающего воздуха от минус 40°С до плюс 65°С. В документации на ВМГЗ-45 указано, что кратковременно допускается температура рабочей жидкости до плюс 80°С. В то же время, чтобы произошли необратимые резкие изменения свойств жидкости температура должна превысить плюс 120°С [8].

Эксперименты по использованию системы тепловой подготовки проводились на модифицированном гидравлическом одноковшовом экскаваторе модели ЭО-5126, гидравлический бак которого снабжался теплообменником.

Температура рабочей жидкости и металлической стенки теплообменника измерялась с использованием температурных датчиков Pt -1000, результаты измерений фиксировались электронным регистратором с целью последующей обработки [9, 10]. Места расположения термодатчиков в гидробаке, а так же на гидроцилиндрах рабочего органа одноковшового экскаватора модели ЭО-5126 в процессе проведения экспериментов по тепловой подготовке показаны на схеме (рис. 3).

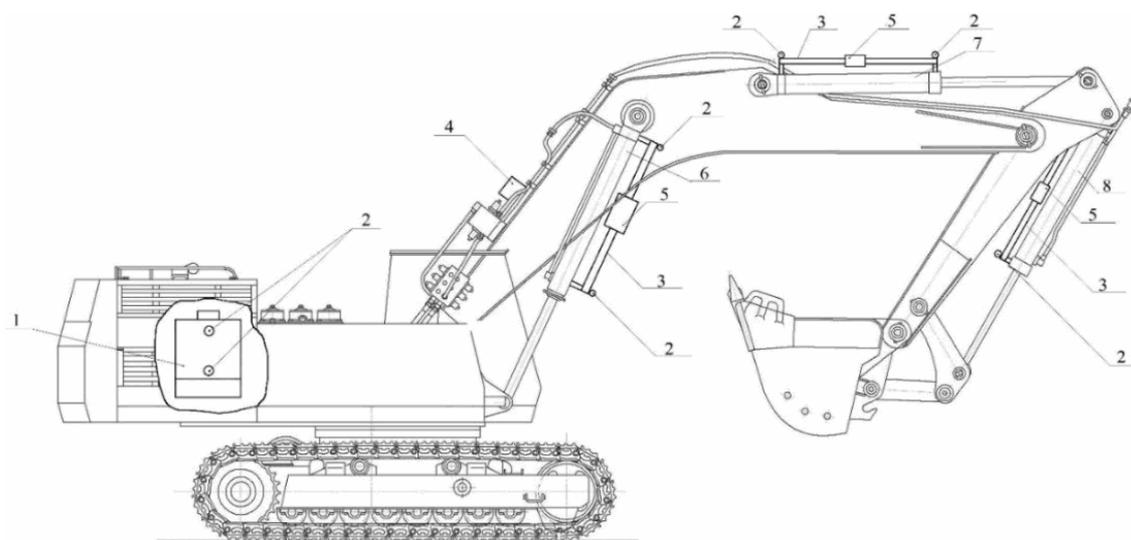


Рис. 3. Схема эксперимента по прогреву гидропривода одноковшового экскаватора: 1 – гидробак с теплообменником, 2 – термодатчики Pt-1000, 3 – дополнительные гидролинии, 4 – датчик давления, DMP 331, 5 – запорные устройства гидролиний, 6 – гидроцилиндр стрелы, 7 – гидроцилиндр рукояти, 9 – гидроцилиндр ковша

При работе системы тепловой подготовки гидропривода, в которой прогрев рабочей жидкости осуществляется за счёт теплообмена с отработавшими выхлопными газами двигателя машины посредством металлической стенки теплообменника в нижней части резервуара с рабочей жидкостью (гидробака), значения температуры изменялись согласно графику при температуре окружающего воздуха минус 10°С, так как при такой температуре окружающего воздуха могут достигаться наибольшие значения температуры стенки теплообменника, которые могут приводить к изменениям свойств рабочей жидкости (рис. 4).

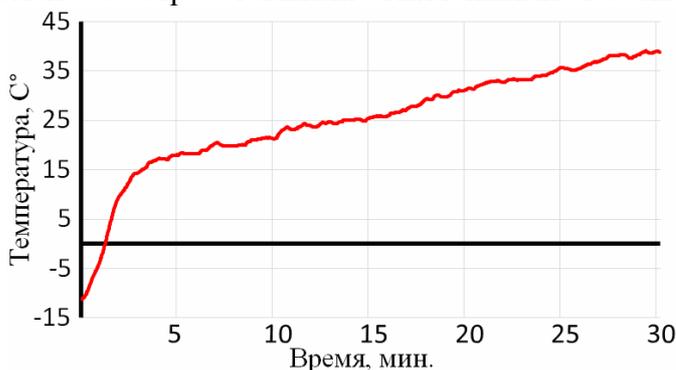


Рис. 4. Зависимость температуры металлической стенки теплообменника от времени прогрева

При передаче тепла в теплообменнике от выхлопных газов к рабочей жидкости, расположенном под гидробаком экскаватора, основным способом теплопередачи является конвекция. При таком способе нижние слои жидкости нагреваются и поднимаются вверх, а на их место занимает жидкость с более низкой температурой, то есть имеет место постоянное движение жидкости снизу вверх в процессе нагрева.

Непосредственно у металлической стенки теплообменника нагревающаяся жидкость находится ограниченное время.

Зависимость, температуры металлической стенки от времени прогрева показывает, что температура металлической стенки теплообменника даже при температуре окружающего воздуха минус 10°С не достигает значений предельных для эксплуатации рабочей жидкости гидропривода.

Согласно представленным данным после 30 минут прогрева температура стенки составляет около 40°С, что не может привести к негативным изменениям свойств рабочей жидкости.

Заключение. Таким образом, работа системы тепловой подготовки с применением теплообмена отработавших газов ДВС и рабочей жидкости гидропривода в течение необходимого времени холодного сезона значимого влияния на срок эксплуатации рабочей жидкости не оказывает и при интенсивной работе экскаватора срок замены рабочей жидкости останутся близкими к рекомендованным производителем экскаватора.

Список литературы

1. Мерданов Ш.М., Конев В.В., Закирзаков Г.Г. Гидроприводы строительно-дорожных машин для эксплуатации при низких температурах. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2016. – 159 с.
2. Трушин Н.Н., Чиликин А.А. Критерии старения рабочей жидкости гидравлического привода станков в процессе эксплуатации // Известия ТулГУ. – 2014. – № 11, Ч. 2. – С. 536-545
3. Бутолин С.В. Влияние загрязнённости рабочих жидкостей на надёжность гидросистем лесозаготовительных машин // Интернаука. – 2021. – № 34(210). – С. 41-43.
4. Бородин Д.М. Использование утилизационного тепла выхлопных газов ДВС с целью прогрева гидропривода экскаватора // Вестник МАДИ. – 2022. – №2(69). – С. 29-34.
5. Волков Д.С. Исследование влияния отрицательных температур окружающей среды на параметры рабочей жидкости гидросистем карьерных автосамосвалов // Инновации в технологиях и образовании: Сборник статей участников IX Международной научно-практической конференции. – Кемерово: КузГТУ, 2016. – Ч. 1. – С. 233-236.
6. Науменко А.Е. Влияние температуры рабочей жидкости и технического состояния гидросистемы на потери мощности в гидросистеме на примере погрузчика МоА3-4048 // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2007 – №1(14). – С. 32-39.
7. Альмохаммад А.М., Сорокин Е.А., Куликова Н.П. Метод расчета дроссельного устройства разогрева рабочей жидкости гидросистемы // Системы. Методы. Технологии. – 2018. – № 1(37). – С. 18-21.
8. Ткач В.В. Влияние вязкости рабочей жидкости на режим смазки гидравлических агрегатов строительных машин // Научный журнал "GLOBUS". – 2021. – №3(39). – С. 3-8. – doi.org/10.52013/2713-3079-39-3-1.
9. Бородин Д.М. Экспериментальные исследования прогрева гидропривода строительно-дорожных машин выхлопными газами ДВС // Инженерный вестник Дона. – 2015. – № 4. – С. 117.
10. Патент № 2559227 РФ. Система прогрева гидропривода СДМ с использованием малого гидробака / Ш.М. Мерданов, В.В. Конев, Н.Н. Карнаухов, С.В. Созонов, Е.В. Половников. – Заявка №2014128725/06 от 11.07.2014; опубл. 10.08.2015, Бюл. № 22.

References

1. Merdanov Sh.M., Konev V.V., Zakirzakov G.G. – Tyumen: Tyumen industrial university, 2016. – 159 p.
2. Trushin N.N., Chilikin A.A. Criteria for aging of the working fluid of the hydraulic drive of machine tools during operation // News of TulsU. 2014, no. 11, part 2, pp. 536-545.
3. Butolin S.V. Influence of contamination of working fluids on the reliability of hydraulic systems of forest machines // Interscience. 2021, no. 34 (210), pp. 41-43.
4. Borodin D.M. Use of utilization heat of exhaust gases of internal combustion engines to warm up the hydraulic drive of an excavator // Bulletin of MADI. 2022, no. 2(69), pp. 71-77.
5. Volkov D.S. Study of the influence of negative ambient temperatures on the parameters of the working fluid of the hydraulic systems of mining dump trucks // Innovations in Technology and Education: Collection of Articles of the Participants of the IX International Scientific and Practical Conference. – Kemerovo: KuzSTU, 2016. – Part 1. – P. 233-236.
6. Naumenko A.E. Influence of the temperature of the working fluid and the technical condition of the hydraulic system on the power loss in the hydraulic system on the example of the loader MoAZ-4048 // Bulletin of the Belarusian-Russian University. 2007, no. 1(14), pp. 32-39.
7. Almohammad A.M., Sorokin E.A., Kulikova N.P. Method for calculating the throttle device for heating the working fluid of the hydraulic system // System. Methods. Technologies. 2018, no. 1(37), pp. 18-21.
8. Tkach V.V. Influence of the viscosity of the working fluid on the lubrication regime of hydraulic units of construction machines // Scientific journal "GLOBUS". 2021, no. 3(39), pp. 3-8. doi.org/10.52013/2713-3079-39-3-1.
9. Borodin D.M. Experimental studies of the heating of the hydraulic drive of road-building machines by the exhaust gases of the internal combustion engine // Engineering Bulletin of the Don. 2015, no. 4, p. 117 p.
10. Patent No. 2559227 RU. Hydraulic drive heating system using a small hydraulic tank / Sh.M. Merdanov, V.V. Konev, N.N. Karnaukhov, S.V. Sozonov, E.V. Polovnikov. – Appl. No.2014128725/06 from 07/11/2014; publ. 08/10/2015, Bull. No. 22.

Сведения об авторах:

Бородин Дмитрий Михайлович – специалист кафедры "Транспортные и технологические системы"

borodindm@tyuiu.ru

Information about authors:

Borodin Dmitry Mikhailovich – specialist of the Department "Transport and technological systems"

Получена 21.06.2023