

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОЙ ПОДГОТОВКИ ГИДРОПРИВОДА МАШИН ДЛЯ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ВЛИЯНИЯ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР НА ИХ ПОКАЗАТЕЛИ**

*Мерданов Ш.М., Бородин Д.М.*

*Тюменский индустриальный университет, Тюмень*

**Ключевые слова:** одноковшовый гидравлический экскаватор, тепловая подготовка гидропривода, температура рабочей жидкости, силовой гидроцилиндр, гидробак, гидравлическая система, машины для земляных работ, отработавшие газы.

**Аннотация.** Статья посвящена проблеме повышения эффективности использования гидрофицированных машин для земляных работ, эксплуатируемых при низких температурах окружающего воздуха. В условиях низких температур повышается вязкость рабочей жидкости, в результате растут гидравлические потери в системе. Необходимо применение тепловой подготовки гидропривода машин. Рекомендуются производителями техники способ путём медленных движений ненагруженными исполнительными механизмами малоэффективен, так как требует значительных затрат времени. В статье рассмотрены преимущества и недостатки способов тепловой подготовки гидропривода за счёт тепла подводимого от внешних источников. Предложена модернизация гидросистемы одноковшового гидравлического экскаватора для тепловой подготовки его гидропривода, основанная на теплообмене между отработавшими газами двигателя экскаватора и рабочей жидкостью. Особенностью предложенной системы является то, что её установка на серийно выпускаемые машины может способствовать снижению времени тепловой подготовки их гидропривода по сравнению со способом рекомендованным производителем.

## **THE USE OF THERMAL PREPARATION OF THE HYDRAULIC DRIVE OF MACHINES FOR EXCAVATION WORK IN ORDER TO REDUCE THE INFLUENCE OF LOW TEMPERATURES ON THEIR PERFORMANCE**

*Merdanov Sh.M., Borodin D.M.*

*Tyumen Industrial University, Tyumen*

**Keywords:** single-bucket hydraulic excavator, thermal preparation of the hydraulic drive, temperature of the working fluid, power hydraulic cylinder, hydraulic tank, hydraulic system, excavation machines, exhaust gases.

**Abstract.** The article is devoted to the problem of increasing the efficiency of using hydropower machines for earthworks operated at low ambient temperatures. At low temperatures, the viscosity of the working fluid increases, resulting in increased hydraulic losses in the system. It is necessary to use thermal preparation of the hydraulic drive of machines. The method recommended by equipment manufacturers through slow movements of unloaded actuators is ineffective, as it requires a significant investment of time. The article discusses the advantages and disadvantages of thermal preparation methods for a hydraulic drive due to heat supplied from external sources. A modernization of the hydraulic system of a single-bucket hydraulic excavator is proposed for thermal preparation of its hydraulic drive based on heat exchange between the exhaust gases of the excavator engine and the working fluid. A feature of the proposed system is that its installation on commercially produced machines can help reduce the thermal preparation time of their hydraulic drive compared to the method recommended by the manufacturer.

### **Введение**

В настоящее время значительный объём земляных работ при освоении северных территорий Западной Сибири, при строительстве объектов нефтегазового комплекса и их инфраструктуры выполняется машинами для земляных работ (МЗР). Это приводит к необходимости повышать эксплуатационную надёжность МЗР. Сокращение сроков возведения объектов требует функционирования машин на высоких скоростных режимах без снижения качества выполняемой работы – это является сложной задачей. Это требует повышения энергонасыщенности МЗР, применения гидропривода с более высокими значениями давления, усложнения конструкции машин.

## Тепловая подготовка гидропривода машин для земляных работ

Использование указанных мер не всегда обеспечивает необходимую эффективность использования гидрофицированных машин в зимний период при низких температурах воздуха [1, 2]. Низкая температура воздуха является определяющим фактором, оказывающим влияние на работу гидропривода машин, наряду с этим оказывают существенное влияние скорость ветра, интенсивность атмосферных осадков [3].

Влияние температуры на состояние гидропривода МЗР обусловлено повышением вязкости применяемой рабочей жидкости [4] (рис. 1).

В результате при снижении температуры растут потери давления в гидроприводе машин, происходят отказы насосных установок, уплотнений, имеют место разрывы гидролиний и рукавов высокого давления. Это снижает эффективность использования гидрофицированной техники (рис. 2).

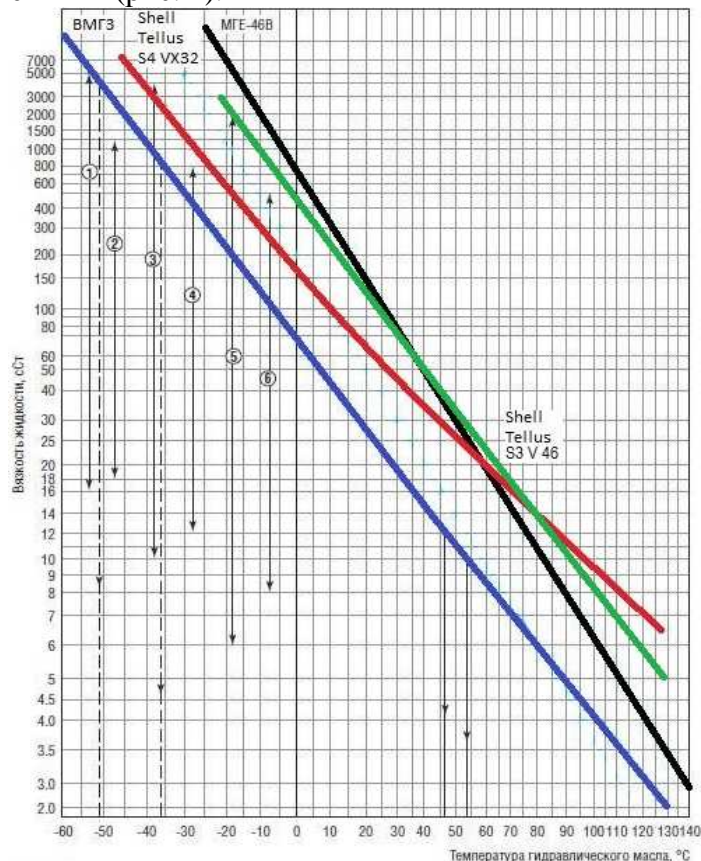


Рис. 1. Зависимость вязкости рабочих жидкостей, применяемых в гидроприводах транспортно-технологических машин в Российской Федерации

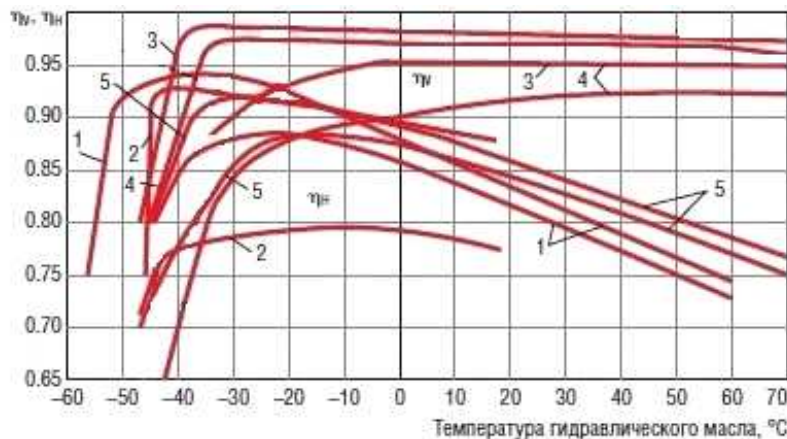


Рис. 2. Зависимость КПД моделей насосов, имеющих применение на одноковшовых экскаваторах от температуры рабочей жидкости: 1, 2 – шестеренные НШ-32, 98; 3, 4 аксиально-поршневые – 210.05, Rexroth A10VSO; 5 пластинчатый – У45101А

ГОСТ 22894-77 «Экскаваторы одноковшовые универсальные гидравлические» определяет, что машины исполнения группы «УХЛ» должны сохранять свою работоспособность в температурном интервале от минус 40°С до плюс 40°С.

Повысить эффективность использования гидрофицированных МЗР позволяет применение тепловой подготовки их ДВС и гидропривода. Например, на одноковшовом экскаваторе узлы и агрегаты его гидросистемы расположены на значительном удалении друг от друга, система имеет значительную протяжённость соединяющих их гидролиний, поэтому необходима тепловая подготовка локальных элементов его гидропривода [5].

Предложенные в различное время средства и способы тепловой подготовки гидропривода не всегда подходят для использования на одноковшовом экскаваторе при применении машины вне стационарных баз [6].

Использование ранее предложенных способов тепловой подготовки гидропривода на одноковшовом экскаваторе затруднено: например, при электропрогреве рабочей жидкости с помощью ТЭНов в объёме гидробака для энергетического обеспечения процесса ресурсов бортовой электросети экскаватора недостаточно [7].

В процессе исследований проводились эксперименты с использованием греющего кабеля для поддержания теплового состояния гидроцилиндров экскаватора, при этом выяснилось, что необходимый эффект может быть достигнут только в случае питания кабеля напряжением порядка сотен вольт. Такое напряжение, подводимое к греющему кабелю на гидроцилиндрах по металлическим конструктивным элементам рабочего оборудования, представляет опасность для оператора, подводящие провода не обладают необходимой прочностью при работе машины во вне лабораторных условиях.

Предварительные эксперименты по тепловой подготовке экспериментального гидроцилиндра на лабораторном стенде путём теплообмена между охлаждающей жидкостью и гидроцилиндром посредством теплообменника – водяной рубашки, размещённого коаксиально на прогреваемом гидроцилиндре, показали, что основной недостаток такого способа – трудность обеспечения герметичности водяного контура [8]. При использовании данного решения для тепловой подготовки гидроцилиндров рабочего органа одноковшового экскаватора обеспечить герметичность ещё сложнее. Этот способ также приводит к нарушению установившегося температурного режима работы ДВС экскаватора в условиях низких температур окружающего воздуха, как результата излишнего отбора тепла из системы охлаждения.

В результате дальнейших исследований по тепловой подготовке гидравлического одноковшового экскаватора модели ЭО-5126 предложен способ тепловой подготовки его гидропривода, удовлетворяющий условию использования машины вне мест стационарного базирования. Данным способом является предварительный подогрев рабочей жидкости в объёме гидравлического бака теплом отработавших газов ДВС. С целью тепловой подготовки гидропривода гидросистема экскаватора была модернизирована (рис. 3).

Силовые гидроцилиндры 4, 9, 10 дополнительно оборудованы гидролиниями, соединяющими их полости. Жидкость, проходя через гидроцилиндры, отдаёт тепло конструктивным элементам гидроцилиндров.

Перед пуском в работу вентили дополнительных гидролиний перекрываются, разобщая полости гидроцилиндров.

Зависимости температуры гидроцилиндра ковша экскаватора от времени прогрева приведены на рисунке 4.

По результатам проведённых экспериментов выяснено, что тепловая подготовка предложенным способом сокращает время процесса на 30-40% при температуре окружающего воздуха минус 40°С по сравнению с одноковшовым экскаватором модели ЭО-5126, тепловая подготовка гидропривода которого производилась при той же температуре, способом рекомендованным его производителем – с помощью медленных движений ненагруженными исполнительными механизмами [9]. Несмотря на то, что способ медленных движений ненагруженными исполнительными механизмами обеспечивает повышение

температуры гидравлической жидкости обусловленное внутренним трением её молекул, при прохождении сечений в узлах и аппаратах гидросистемы экскаватора использование его для регулярного повышения теплового состояния элементов гидропривода гидравлических одноковшовых экскаваторов может приводить к изменению свойств применяемых в гидросистемах жидкостей. Изменению свойств способствует происходящее при мятии рабочей жидкости изменение молекул базового масла. Как и при дросселировании происходит фрагментация молекулярных цепочек основы. Одновременно подвергаются деградации свойства присадок, обеспечивающих необходимые свойства рабочей жидкости. Применение такого способа тепловой подготовки приводит к повышению непроизводительных затрат энергии, увеличению расхода топлива на повышение теплового состояния элементов гидропривода машины, расходу ресурса узлов и агрегатов гидросистемы, повышению выбросов вредных веществ в окружающую среду [10].

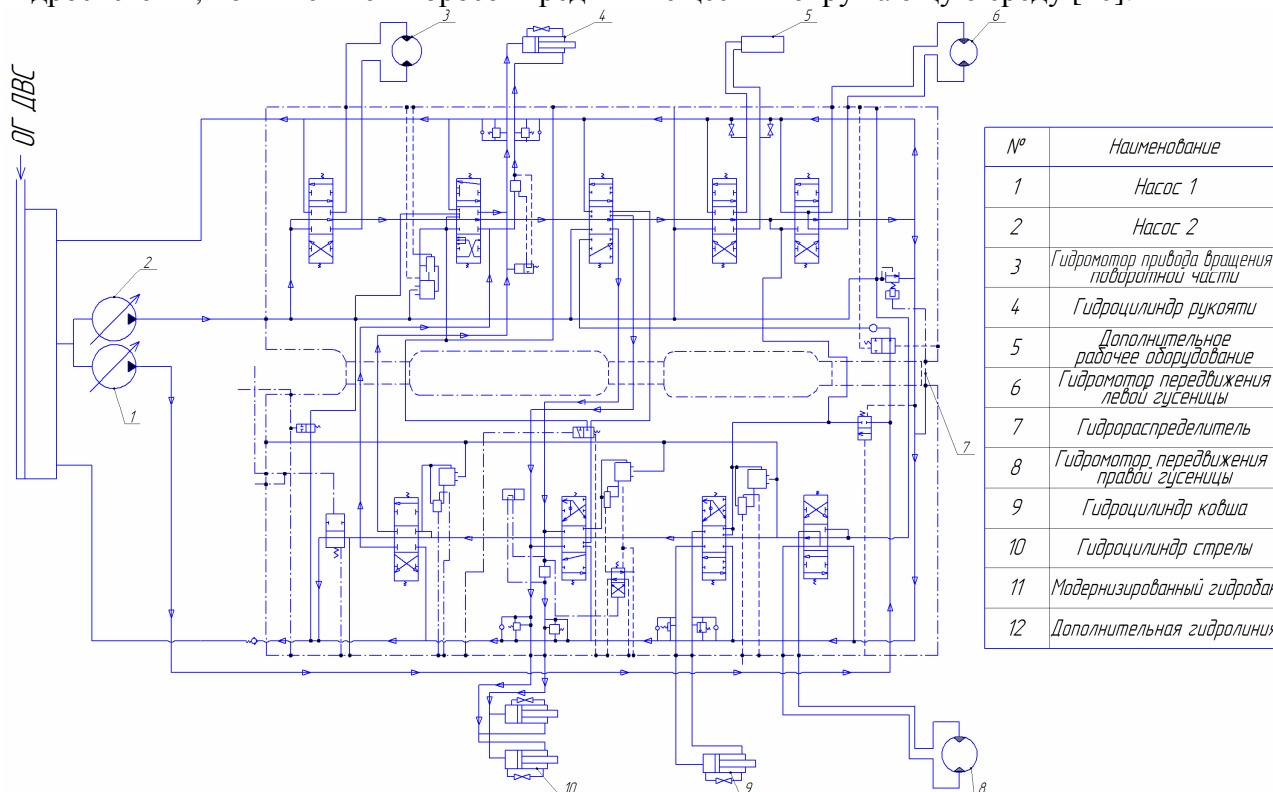


Рис. 3. Гидросхема модернизированного экскаватора ЭО-5126 с системой тепловой подготовки

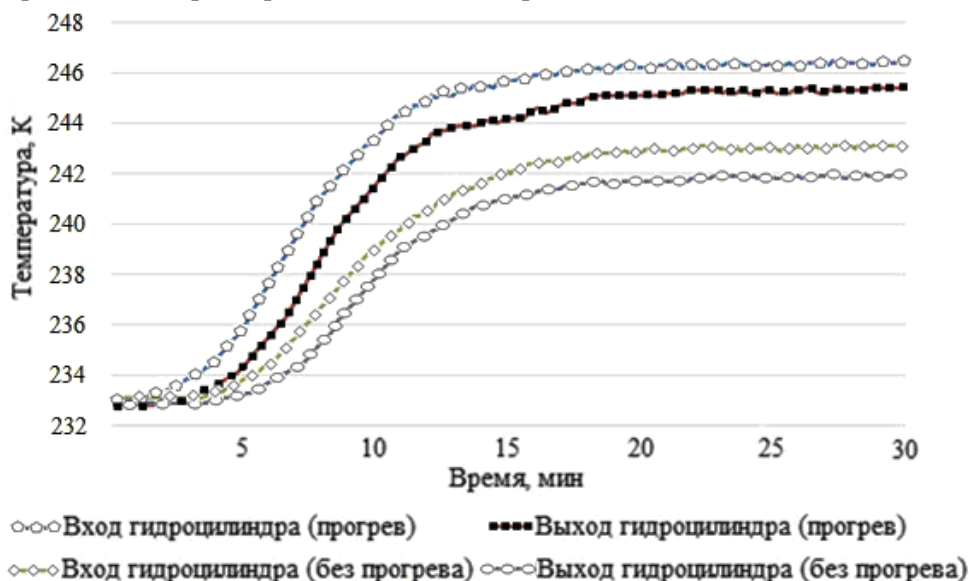


Рис. 4. Графики прогрева модернизированного гидроцилиндра ковша экскаватора при температуре минус 40°С

## **Заключение**

Таким образом, применение тепловой подготовки гидропривода гидрофицированных машин для земляных работ путём использования утилизационного тепла отработавших газов ДВС для повышения температуры рабочей жидкости гидропривода и дальнейшего прогрева остальных элементов гидросистемы машины за счёт использования тепла аккумулированного рабочей жидкостью может являться одним из эффективных способов предпусковой подготовки гидросистем машин, используемых вне мест стационарного базирования при низких температурах окружающего воздуха. Недостатком предложенного способа является то, что необходимо вмешательство в конструкцию машины (доработка выхлопной системы, монтаж теплообменника в гидробак, доработка гидроцилиндров). Следует учитывать, что установка оборудования и внесение изменений в конструкцию серийной машины для применения данного способа возможна в условиях эксплуатирующей организации, расчётный срок окупаемости такой модернизации составит 1-1,5 года в зависимости от количества дней с температурой окружающего воздуха ниже минус 20°C в текущем зимнем периоде.

## **Список литературы**

1. Гринчар Н.Г., Шилияев Н.А. Подготовка гидропривода к эксплуатации в условиях низких температур // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. –2022. – №7. – С. 326-332.
2. Бардышев О.А., Яковлев В.В., Филин А.Н. Обеспечение эксплуатации техники в условиях севера // Вестник МАНЭБ. – 2021. – № 1. – С. 19-26.
3. Козленков Р.Н., Лобанов Н.Д., Худин Г.А., Золкин Д.О. Тепловая подготовка гидропривода строительных машин // Европейские научные исследования: Сборник статей V Международной научно-практической конференции. – Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2020. – С. 54-56.
4. Пугин К.Г., Шаякбаров И.Э. Повышение надежности гидравлических систем строительных, дорожных и подъемно-транспортных машин в арктической зоне Российской Федерации // Химия. Экология. Урбанистика. – 2022. –Т. 3. – С. 222-226.
5. Маслеников О.А. Экспериментальные исследования способов прогрева гидравлического привода без использования дополнительных источников тепловой энергии // Бюллетень транспортной информации. – 2020. – №5. – С. 28-32.
6. Пимонов Г.Г., Пимонов И.Г. Исследование и разработка системы терморегуляции гидропривода // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2014. – № 65-66. – С. 300-306.
7. 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.
8. Бородин Д.М. Экспериментальные исследования прогрева гидропривода строительно-дорожных машин // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1-1. – С. 68.
9. Бородин Д.М. Использование утилизационного тепла выхлопных газов ДВС с целью прогрева гидропривода экскаватора // Вестник МАДИ. – 2022. – №2(69). – С. 29-34.
10. Никитин О.Ф. Поддержание качества эксплуатации гидропривода // Наука и образование. – 2011. – № 10. – С. 300-306.

## **References**

1. Grinchar N.G., Shilyaev N.A. Preparing a hydraulic drive for operation at low temperatures // News of the Tula State University. Technical science. 2022, no. 7, pp. 326-332.
2. Bardyshev O.A., Yakovlev V.V., Filin A.N. Ensuring the operation of equipment in the north // Bulletin of MANEB. 2021, no. 1, P. 19-26.
3. Kozlenkov R.N., Lobanov N.D., Khudin G.A., Zolkin D.O. Thermal preparation of the hydraulic drive of construction machines // European scientific research: Collection of articles of the V International scientific-practical conference. – Penza: Science and Education (IP Gulyaev G.Yu.), 2020. – P. 54-56.
4. Pugin K.G., Shayakbarov I.E. Increasing the reliability of hydraulic systems of construction, road and lifting-and-transport machines in the Arctic zone of the Russian Federation // Chemistry. Ecology. Urbanism. 2022, vol. 3, pp. 222-226.
5. Maslenikov O.A. Experimental studies of methods for warming up a hydraulic drive without the use of additional sources of thermal energy // Bulletin of Transport Information. 2020, no. 5, pp. 28-32.
6. Pimonov G.G., Pimonov I.G. Research and development of a hydraulic drive thermoregulation system // Bulletin of the Kharkov National Automobile and Highway University. 2014, no. 65-66, pp. 300-306.
7. Merdanov Sh.M., Konev V.V., Zakirzakov G.G. Hydraulic drives of road construction machines for operation at low temperatures. – Tyumen: Tyumen Industrial University, 2016. – 159 p.

8. Borodin D.M. Experimental studies of warming up the hydraulic drive of road construction machines // Modern problems of science and education. 2015, no. 1-1, p. 68.
9. Borodin D.M. Use of waste heat from internal combustion engine exhaust gases to warm up the hydraulic drive of an excavator // Bulletin of MADI. 2022, no. 2(69), pp. 29-34.
10. Nikitin O.F. Maintaining the quality of hydraulic drive operation // Science and education. 2011, no. 10, pp. 300-306.

*Сведения об авторах:*

*Information about authors:*

<b>Мерданов Шахбуба Магомедкеримович</b> – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Транспортные и технологические системы»	<b>Merdanov Shakhbuba Magomedkerimovich</b> – doctor of technical sciences, professor, head of the department of "Transport and Technological Systems"
<b>Бородин Дмитрий Михайлович</b> – специалист кафедры «Транспортные и технологические системы»	<b>Borodin Dmitry Mikhailovich</b> – specialist of the department "Transport and technological systems"
borodindm@tyuiu.ru	

*Получена 28.09.2023*