

УДК 630*.377.44

DOI: 10.25686/2542-114X.2019.4.135

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРОЦИЛИНДРОВ ЛЕСНЫХ МАШИН ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

А. А. Тарбеев, А. И. Павлов

Поволжский государственный технологический университет (г. Йошкар-Ола)

Представлены результаты лабораторного исследования гидроцилиндров с использованием установки СГУ-ГПМ «Гидравлический перегрузочный манипулятор», предназначенной для научно-исследовательских работ, связанных с гидроприводом. В экспериментальных исследованиях для возникновения динамических процессов в напорной полости гидроцилиндра привода стрелы данного манипулятора применялось запорное устройство (запорный клапан), предназначенное для мгновенного перекрытия сливной магистрали, вызывающей гидроудар. Параметры затухающего динамического процесса (логарифмический декремент, начальная амплитуда колебаний) определялись при разных объемах рабочей жидкости в напорной полости гидроцилиндра. Результаты исследования показали, что значения всех параметров получаемого динамического процесса в напорной полости гидроцилиндра зависят от объема жидкости, а именно: логарифмический коэффициент колебаний и начальная амплитуда колебаний имеют наибольшие значения при максимальном объеме напорной полости гидроцилиндра (максимальный подъем стрелы), период колебаний мало зависит от объема жидкости. Исследования подтвердили результаты расчета данных динамических процессов с помощью математической модели: наиболее информативным диагностическим параметром для косвенного определения технического состояния гидроцилиндров в функциональном режиме является логарифмический декремент колебаний, который и выбран в качестве диагностического. В ходе эксперимента измерялись параметры переходного динамического процесса при различных значениях структурных параметров гидроцилиндра (износ резиновых уплотнений, поршня, штока и корпуса гидроцилиндра). Для этого на данную установку в процессе исследований устанавливались уплотнения гидроцилиндра с разной степенью износа. Результаты исследований позволили обосновать новый метод диагностирования гидроцилиндров.

Данный метод отличается от известных тем, что техническое состояние гидроцилиндров (степень износа уплотнений) определяется по отклонению значений логарифмического декремента колебаний переходного процесса, полученных при создании гидроудара, от эталонных при максимальном объеме рабочей жидкости в исследуемых полостях, что повышает точность диагноза. Алгоритм данного метода заключается в том, что диагностирование гидроцилиндров проводится по диагностическому параметру – логарифмическому декременту затухающих колебаний, измеряемому в испытуемых полостях при принудительном перекрытии сливного трубопровода.

Ключевые слова: диагностирование; гидроцилиндр; функциональный режим; логарифмический декремент колебаний.

Введение. Эксплуатация лесных машин отечественного и импортного производства в условиях северных регионов России позволила выявить проблемные места в обеспечении их надежности. Так, например, при эксплуатации финских машин при отрицательных температурах в Республике Коми возникает ускоренный износ резиновых уплотнений гидроцилиндров, что приводит к дополни-

тельным материальным затратам на эксплуатацию машин [1, 2, 4]. Как правило, показателем для ремонта гидроцилиндров служат видимые утечки рабочей жидкости из штоковой полости, в то время как перетечки жидкости внутри гидроцилиндра определить визуально не представляется возможным. Все это приводит не только к потерям рабочей жидкости, но и к снижению производительности маши-

ны [3, 5]. На наш взгляд, целесообразным представляется своевременное проведение диагностики гидроцилиндров, позволяющее установить текущее состояние уплотнений, однако имеющиеся методы и средства диагностирования не позволяют достоверно определить степень их износа [6, 7]. В связи с этим для решения данной проблемы необходима разработка более совершенного метода диагностирования гидроцилиндров, на основе которого можно было бы прогнозировать их остаточный ресурс [5, 8, 9].

Цель работы – уменьшение материальных затрат на эксплуатацию лесных машин с гидравлическими приводами за счет своевременного определения их текущего технического состояния.

Методы исследования: методы математической статистики и моделирования, теоретические и физические основы гидродинамики и гидромеханики.

Для поиска наиболее информативного диагностического параметра при определении технического состояния гидроцилиндров лесных машин проведены экспериментальные исследования гидропривода стрелы с помощью исследовательского комплекса «Гидравлический перегрузочный манипулятор» СГУ-ГПМ, общий вид которого показан на рисунке 1.



Рис.1. Внешний вид установки для исследования гидроприводов

Для определения параметров динамического процесса, возникающего в гидроприво-

де при создании гидроудара, использованы датчики давления, установленные в поршневой и штоковой полостях гидроцилиндра подъема стрелы (рис. 2). Показания датчиков после преобразования электрического сигнала передавались на компьютерный блок установки и записывались на электронные носители.

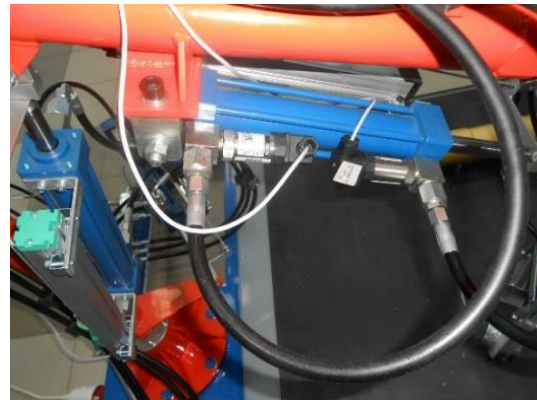


Рис. 2. Установка датчиков давления на гидроцилиндре подъема стрелы

На рисунке 3 показан экран компьютера, где отражено состояние испытуемого гидроцилиндра (направление перемещения поршня), высокое и низкое давление масла в гидросистеме, давление утечек масла в полости, температура масла.



Рис. 3. Компьютерный блок установки для испытания гидропривода (показано состояние гидроцилиндра)

Для возникновения динамических процессов в напорной полости гидроцилиндра со-

здавался гидроудар с помощью запорного устройства, которое позволяло при осуществлении рабочего процесса обеспечить мгновенное перекрытие сливной магистрали. При этом возникали затухающие колебания, параметры которого (логарифмический декремент, начальная амплитуда колебаний) определялись при разных объемах рабочей жидкости в напорной полости гидроцилиндра, то есть при различном положении манипулятора при подъеме и опускании без груза и с грузом.

Проверялось также влияние других гидроприводов манипулятора на параметры переходного процесса, а именно – гидроцилиндров подъема рукояти и захватного устройства, которые в необходимый момент блокировались с помощью специальных блокировочных устройств. Зависимость логарифмического декремента колебаний (δ) и начальной амплитуды колебаний (A) от объема жидкости в напорной полости гидроцилиндра (V) показана на рисунках 4 и 5.

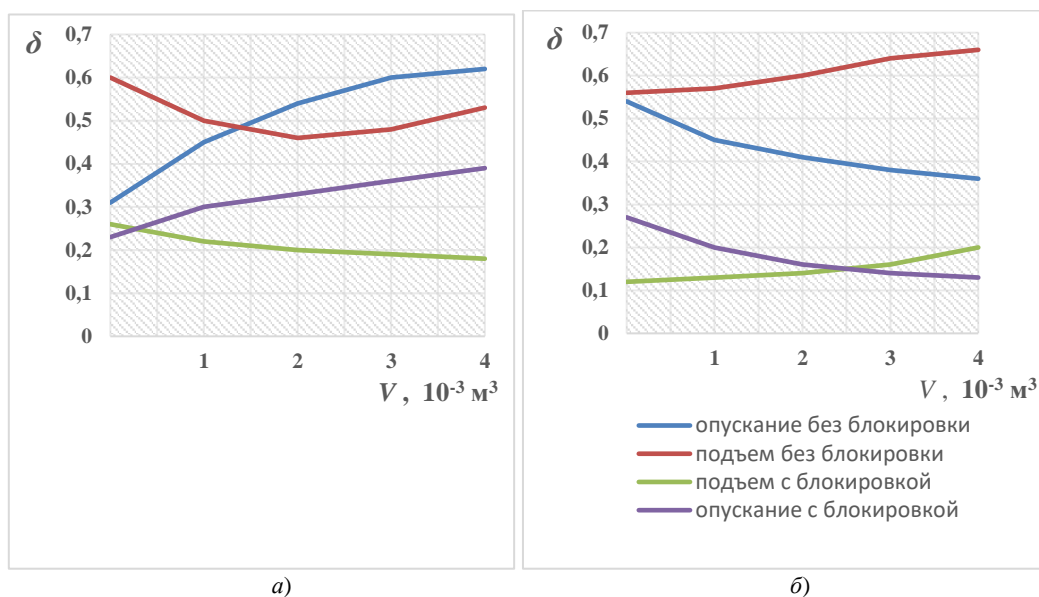


Рис. 4. Зависимость логарифмического декремента колебаний от объема жидкости в напорной полости гидроцилиндра: а – без груза; б – с грузом весом 0,26 кН

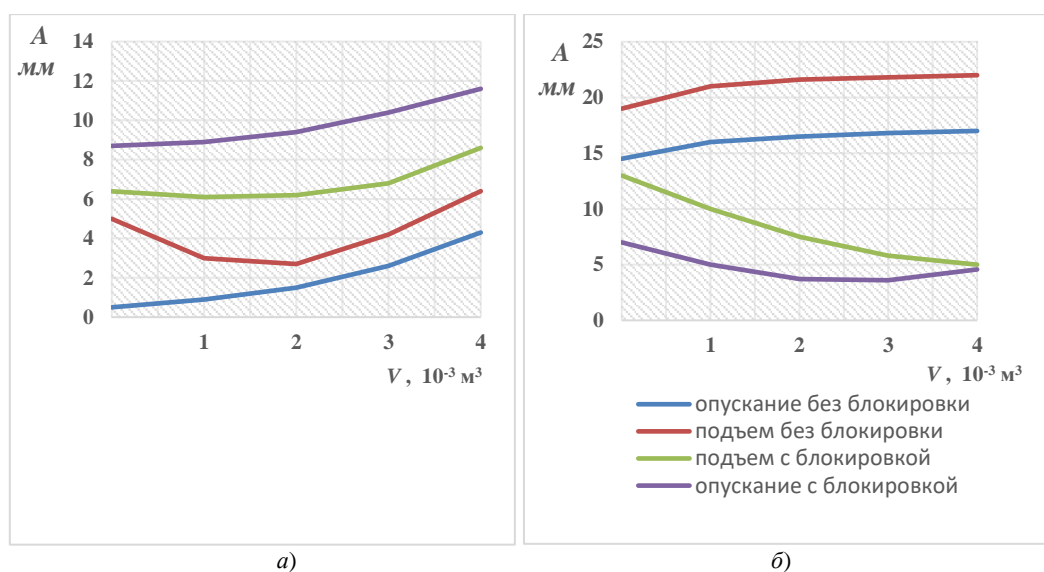


Рис. 5. Зависимость амплитуды колебаний от объема жидкости в напорной полости гидроцилиндра: а – без груза; б – с грузом весом 0,26 кН

Результаты исследования показали, что значения всех параметров получаемого динамического процесса в напорной полости гидроцилиндра зависят от объема жидкости, причем логарифмический коэффициент колебаний и начальная амплитуда колебаний имеют наибольшие значения при максимальном объеме напорной полости гидроцилиндра (максимальный подъем стрелы), период колебаний мало зависит от объема жидкости. В связи с этим диагностирование гидроцилиндров необходимо проводить при максимальном объеме (V).

Анализ полученных зависимостей также показывает, что режим опускания манипулятора без груза является наиболее предпочтительным для проведения диагностирования. В этом случае не требуется установка блокирующих устройств, что делает данный процесс определения технического состояния гидроцилиндра менее трудоемким и затратным. Однако следует отметить, что в качестве диагностического параметра желательно использовать логарифмический декремент колебаний, а не начальную амплитуду колебаний, так как его значения при максимальном объеме (V) более стабильны.

Для определения характера изменения логарифмического декремента колебаний и его предельного значения, при котором становится нецелесообразной дальнейшая эксплуатация гидроцилиндра, проведены исследования гидроцилиндра при различной наработке машины.

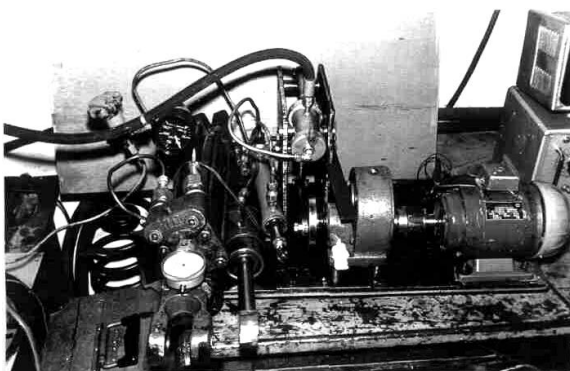


Рис. 6. Установка для динамического нагружения гидроцилиндров

На рисунке 6 показана установка гармонического типа для динамического нагружения гидроцилиндра, с помощью которой обеспечивался износ уплотнений поршня.

Для определения логарифмического декремента колебаний в гидроцилиндре создавался переходный динамический процесс с помощью гидроудара. Доказано, что диагностический параметр с увеличением наработки уменьшается (рис. 7), что подтвердило полученные авторами ранее результаты математического моделирования гидроцилиндра [1].

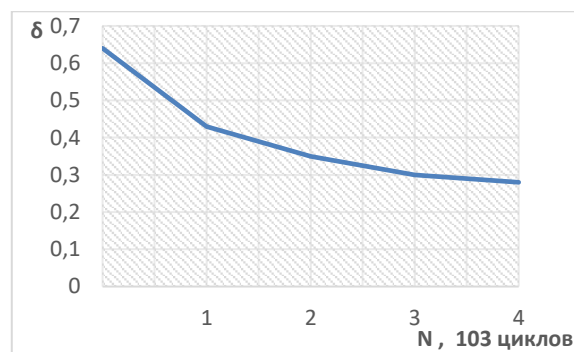


Рис. 7. Зависимость логарифмического декремента колебаний от степени износа уплотнений гидроцилиндра

Таким образом, в результате проведения экспериментальных исследований доказано, что при определении технического состояния гидроцилиндров наиболее информативным диагностическим параметром является логарифмический декремент затухающих колебаний, создаваемых с помощью гидроудара. Результаты исследований могут служить основанием для разработки нового метода диагностирования гидроцилиндров.

Выводы и рекомендации

1. Лабораторные исследования, проведенные с помощью исследовательского комплекса «Гидравлический перегрузочный манипулятор» СГУ-ГПМ подтвердили полученные ранее результаты моделирования динамических процессов в гидроцилиндрах лесных машин для обоснования диагностического параметра, в качестве которого выбран логарифмический декремент затухающих колебаний. Данный параметр предназначен для

косвенного определения степени износа уплотнений гидроцилиндра до достижения предельного состояния, при котором дальнейшая его эксплуатация является экономически нецелесообразной.

2. Проводить диагностирование гидроцилиндров рекомендуется при максимальном

объеме рабочей жидкости в напорной полости гидроцилиндра, что подтверждено результатами многократных исследований.

3. Предлагаемые режимы диагностирования могут быть использованы для определения степени износа уплотнений штоковой полости гидроцилиндра.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Павлов А.И., Лощенов П.Ю., Тарбеев А.А. Диагностирование гидроприводов транспортно-технологических машин и оборудования: монография / под общ. ред. проф. А.И. Павлова. Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2017. 204 с.
2. Гринчар Н.Г. Прогнозирование остаточного ресурса гидроприводов по результатам диагностики // Путь и путевое хозяйство. 2000. № 3. С. 34-35.
3. Никитин О.Ф. Надежность, диагностика и эксплуатация гидропривода мобильных объектов. Москва: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. 312 с.
4. Дроздовский Г.П., Шоль Н.Р., Юсенхан В.И. Обоснование направления проектирования структуры гидросистемы управления оборудованием лесных машин // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. 2010. № 5. С. 86-90.
5. Пат. 2472979 Российская Федерация, МПК F15B 19/00. Способ диагностирования гидроцилиндров в функциональном режиме / Павлов, А.И., Лощенов П.Ю. № 2011143389/06; заявл. 26.10.2011; опубл. 20.01.2013, Бюл. № 2. 4 с.
6. Gorban Alexander N., Gorban Pavel A., Judge George. The Markov Ordering Approach // Entropy 12. 2010. No. 5. P. 1145-1193.
7. Кельберт М. Я., Сухов Ю. М. Вероятность и статистика в примерах и задачах. Т. II: Марковские цепи как отправная точка теории случайных процессов и их приложения. Москва: МЦНМО, 2010. 295 с.
8. Лощенов П.Ю. Оценка эксплуатационной надежности гидроприводов лесных машин // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. 2012. № 2. С. 120-122.
9. Вдовин С.Л., Охотников А.В. Повышение экономичности и экологичности приводов лесных машин // Интеграл: научно-практический межотраслевой журнал. 2013. № 3 (71). С. 72.

Информация об авторах

ТАРБЕЕВ Анатолий Александрович – аспирант кафедры транспортно-технологических машин, Поволжский государственный технологический университет, г. Йошкар-Ола. Область научных интересов – проблемы надежности гидроприводов лесных машин. Автор 7 научных работ.

ПАВЛОВ Александр Иванович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой транспортно-технологических машин, Поволжский государственный технологический университет, г. Йошкар-Ола. Область научных интересов – проблемы надежности гидроприводов лесных машин. Автор более 150 научных работ

UDC 630 * .377.44

DOI: 10.25686/2542-114X.2019.4.135

DIAGNOSTICS OF FOREST MACHINE HYDROCYLINDERS BY PARAMETERS OF DYNAMIC PROCESSES

A. A. Tarbeev, A. I. Pavlov

Volga State University of Technology (Yoshkar-Ola)

The paper presents the results of laboratory research into hydraulic cylinders using SGU-GPM "Hydraulic reloading manipulator", intended for research work related to hydraulic drive. In order

to stimulate dynamic processes in the pressure cavity of the hydraulic cylinder in the experimental studies the authors used a shut-off device (shut-off valve) designed for instantaneous closure of the drain line, causing a hydraulic shock. The parameters of the damping dynamic process (logarithmic decrement, initial amplitude of oscillations) were determined at different volumes of the working fluid in the pressure cavity of the hydraulic cylinder. The results of research showed that the values of all the parameters of the resulting dynamic process in a pressure cavity of the hydraulic cylinder depend on the volume of the liquid, namely a logarithmic factor of the oscillations and the initial amplitude of fluctuations have maximum values at the maximum volume of the pressure cavity of the hydraulic cylinder (maximum lift). The period of oscillations does not significantly depend on the volume of the fluid. The research has proved the results of the calculation of these dynamic processes using a mathematical model: the most informative diagnostic parameter for indirect determination of the technical condition of hydraulic cylinders in the functional mode is the logarithmic decrement of oscillations. During the experiment, the parameters of the transient dynamic process were measured at different values of the structural parameters of the hydraulic cylinder (wear of rubber seals, piston, rod and hydro-cylinder body). For this purpose, seals of the hydraulic cylinder with different degrees of wear were installed on this installation during the research. The results of research proved the effectiveness of a new method of diagnosing hydraulic cylinders.

This method differs from the existing ones as the technical condition of the cylinders (the degree of wear of seals) is determined by the deviation of logarithmic de-crement fluctuations of the transition process, obtained by creating water hammer. In comparison with the reference values and the maximum amount of the working fluid in the test cavities, which improves the accuracy of the diagnostics? The algorithm of this method implies that the diagnosis of hydraulic cylinders is carried out according to the diagnostic parameter-the logarithmic decrement of damped oscillations, measured in test cavities under forced overlap of the drain pipeline.

Key words: diagnostics; hydraulic cylinder; functional mode; logarithmic decrement of oscillations.

REFERENCES

1. Pavlov A.I., Loschenov P.Iu., Tarbeev A.A. Diagnostirovanie gidroprivodov transportno-technologicheskikh mashin i oborudovaniya: monografiya [Diagnostics of hydraulic drives of transport-technological machines and equipment: monograph], under total ed. prof. A.I. Pavlova, Yoshkar-Ola: Volga State University of Technology, 2017, 204 p.
2. Grinchar N.G. Prognozirovaniye ostatochnogo resursa gidroprivodov po rezul'tatam diagnostiki [Prediction of residual life of hydraulic actuators according to the results of diagnostics], *Put' i putevoe hoz'jajstvo* [Path and track facilities], 2000, No. 3, pp.34-35.
3. Nikitin O.F. Nadezhnost', diagnostika i jekspluatatsiya gidroprivoda mobil'nyh obektov [Reliability, diagnostics and operation of the hydraulic drive of mobile objects], Moscow: Publishing House of Moscow State Technical University named after N.E. Bauman, 2007, 312 p.
4. Drozdovsky G.P., Scholl N.R., Yussenkhan V.I. Obosnovaniye napravleniya proektirovaniya struktury gidrosistemy upravleniya oborudovaniem lesnyh mashin [Justification of the direction of the design of the structure of the hydraulic control system of forest machinery equipment], *Vestnik MGUL – Lesnoj vestnik* [Bulletin of MSFU – Forest Herald], 2010, No. 5, pp. 86-90.
5. Pat. 2472979 Russian Federation, IPC F15B 19/00. Sposob diagnostirovaniya gidrocilindrov v funkcion'nom rezhime [A method for diagnosing hydraulic cylinders in a functional mode], Pavlov A.I., Loschenov P.Iu. No. 2011143389/06; Dec. 26.10.2011; publ. 01.20.2013, Bul. No. 2, 4 p.
6. Gorban Alexander N., Gorban Pavel A., Judge George. The Markov Ordering Approach, *Entropy* 12, 2010, No. 5, pp. 1145-1193.
7. Kelbert M. Ia., Sukhov Iu. M. Veroyatnost' i statistika v primerah i zadachah. T. II: Markovskie cepi kak otravnaya tochka teorii sluchajnyh processov i ih prilozheniya [Probability and statistics in examples and problems. T. II: Markov chains as a starting point of the theory of random processes and their applications], Moscow: MTSNMO, 2010, 295 p.
8. Loschenov P.Iu. Ocenka jekspluatacionnoj nadezhnosti gidroprivodov lesnyh mashin [Evaluation of the operational reliability of hydraulic drives of forest machines], *Vestnik MGUL – Lesnoj vestnik* [Bulletin of MSFU – Forest Herald], 2012, No. 2, pp. 120-122.

9. Vdovin S.L., Okhotnikov A.V. Povyshenie jekonomichnosti i jekologichnosti privodov lesnyh mashin [Increase of profitability and environmental friendliness of drives of forest machines], *Integral: nauchno-prakticheskij mezhotraslevoj zhurnal* [Integral: a scientific and practical interdisciplinary journal], 2013, No. 3 (71), p. 72.

Information about the authors

TARBEEV Anatoly Alexandrovich – postgraduate student of the Department of Transport and Technological Machines, Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola. Research interests – the problem of reliability of hydraulic drives of forest machines. Author of 7 publications.

PAVLOV Alexander Ivanovich – Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Department of Transport and Technological Machines, Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola. Research interests – reliability of hydraulic drives of forest machines. Author of more than 150 publications

Библиографическая ссылка

Тарбеев А. А., Павлов А. И. Результаты исследования гидроцилиндров лесных машин для обоснования диагностических параметров // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Материалы. Конструкции. Технологии. – 2019. – № 4(12). – С. 135-141. – DOI: 10.25686/2542-114X.2019.4.135