

УДК 629.5

## СНИЖЕНИЕ ИЗНОСА УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СУДОВЫХ ГИДРОЦИЛИНДРОВ

Пугин Константин Георгиевич<sup>1,2</sup>, доктор технических наук, профессор  
e-mail: [123zzz@rambler.ru](mailto:123zzz@rambler.ru)

<sup>1</sup> Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова, Пермь, Россия

<sup>2</sup> Пермский филиал Волжского государственного университета водного транспорта, Пермь, Россия

**Аннотация.** Судовые гидроцилиндры эксплуатируются в тяжелых условиях и подвергаются воздействию внешних неблагоприятных факторов. Износ уплотнительных элементов гидроцилиндров определяется степенью чистоты рабочей жидкости. Скорость износа будет напрямую зависеть от количества механических примесей и своевременности их удаления из поршневой и штоковой полости гидроцилиндра. В работе представлены материалы исследования, которые показывают, что очистка полостей гидроцилиндра от механических примесей зависит от организации движения жидкости в гидросистеме.

**Ключевые слова:** судовой гидропривод, гидроцилиндры, фильтрация, рабочая жидкость, чистота рабочей жидкости, износ.

## REDUCING WEAR OF SEALING ELEMENTS OF MARINE HYDRAULIC CYLINDERS

Pugin Konstantin Georgievich<sup>1,2</sup>, Doctor of Technical Sciences, Professor  
e-mail: [123zzz@rambler.ru](mailto:123zzz@rambler.ru)

<sup>1</sup> Perm State Agricultural and Technological University named after Academician D.N. Pryanishnikova, Perm, Russia

<sup>2</sup> Perm branch of the Volga State University of Water Transport, Perm, Russia

**Abstract.** Marine hydraulic cylinders are operated in harsh conditions and are exposed to external adverse factors. The wear of the sealing elements of hydraulic cylinders is determined by the degree of purity of the working fluid. The wear rate will directly depend on the amount of mechanical impurities and the timeliness of their removal from the piston and rod cavities of the hydraulic cylinder. The paper presents research materials that show that cleaning the cavities of a hydraulic cylinder from mechanical impurities depends on the organization of fluid movement in the hydraulic system.

**Keywords:** ship hydraulic drive, hydraulic cylinders, filtration, working fluid, cleanliness of the working fluid, wear.

На морских и речных судах большинство силовых устройств в своем составе имеют гидравлический привод, в котором используются гидравлические цилиндры. Они участвуют в работе вспомогательных механизмов, грузовых трапов, приспособлений для дифференровки плавучих доков, подъемных платформ, корабельных крановых механизмов, механизмов закрытия люков, аппарелей. При эксплуатации гидроцилиндры подвергаются воздействию высоких и низких температур, морской и атмосферной влаги, а также имеющим различную природу происхождения механическим и химическим загрязнителям. Судовые гидроцилиндры отличаются повышенными требованиями противодействию коррозии: покраска корпуса должна быть выполнена по ISO 12944 - C5/CX; шток выполняется из нержавеющей стали или имеет повышенный слой коррозионной обработки. Основной особенностью гидравлических цилиндров является наличие сертификатов классификационных обществ, для применения на судах (платформах). Условия эксплуатации судовых гидроцилиндров можно отнести к тяжелыми. Большинство используемых на судах и в портах гидроцилиндров имеют нестандартные размеры, что делает их ремонт сложным или растянутым во времени. В этой связи при эксплуатации гидросистем чрезвычайно важно предусмотреть все возможные риски, которые могут возникнуть при производственной эксплуатации гидроцилиндров. [1-6]

Надежное и безотказное функционирование гидроцилиндров определяется рядом факторов, которые могут влиять друг на друга и зачастую носят случайный характер. Данному вопросу посвящены работы ученых РФ, так и зарубежных авторов. В своих трудах авторы указывают о большом влиянии частоты рабочей жидкости на скорость изнашивания уплотнительных элементов и ресурс гидроцилиндров. Загрязненная рабочая жидкость поступающая в полости гидроцилиндра формирует повышенный износ уплотнительных элементов и гильзы, что сказывается на его эксплуатационных характеристиках. [7-11]

Для очистки рабочей жидкости в гидросистемах устанавливают фильтры, которые позволяют удалять из рабочей жидкости продукты изнашивания и загрязнители, попавшие из окружающей среды. Однако при проектировании гидравлических систем, составлении схем трассировки трубопроводов не принимается во внимание длина получаемых гидролиний, взаимное расположение насосной установки, распределителей и гидроцилиндров. Как показало математическое моделирование движения рабочей жидкости по гидролиниям возможно формирование так называемых застойных зон, из которых рабочая жидкость во время эксплуатации не доходит до фильтра.

В гидросистемах с гидроцилиндрами движение рабочей жидкости в гидравлических линиях имеет возвратно-поступательный характер, рисунок 1.

Для оценки возможности формирования так называемой застойной зоны рассмотрим соотношение объемов в поршневой  $V_3$  и штоковой  $V_4$  полости к объемам в напорной  $V_1$  и сливной  $V_2$  гидролиниях. Рассмотрим случай выдвижение штока. Насосом через распределитель рабочая жидкость нагнетается через гидролинию 4 в поршневую полость, а из штоковой полости рабочая жидкость будет перемещаться поршнем в трубопровод 6. В случае если объем рабочей жидкости  $V_1$  в гидролинии 4, больше, чем объем жидкости  $V_3$  в поршневой полости гидроцилиндра 5, при полностью выдвинутом штоке объем жидкости  $V_1$  из трубопровода 4 не будет вытесняться рабочей жидкостью из поршневой полости в направлении распределителя и фильтра. В виду того что  $V_1 > V_3$  объем жидкости  $V_3$  только частично займет объем трубопровода 4.



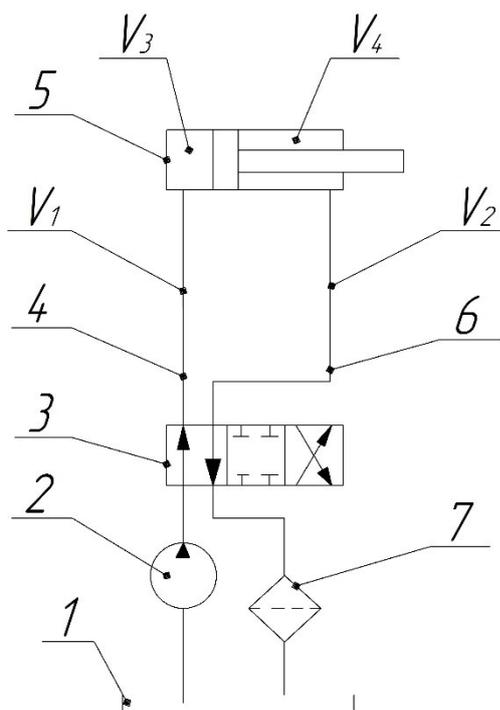


Рисунок 1 – Гидравлическая схема

При последующем втягивании штока, объем  $V_3$  (который был вытеснен в трубопровод из поршневой полости гидроцилиндра) находящийся в трубопроводе 4 будет вытеснен из трубопровода 4 обратно в поршневую полость гидроцилиндра. Таким образом, формируется застойный контур гидросистемы, при котором рабочая жидкость не проходит через фильтр и не очищается от загрязнений.

Для подтверждения выше указанных предположений был собран гидропривод согласно рис. 1. Установлены: гидроцилиндр ГЦ 50.25x120.350; распределитель МРЭ6.14; насос НШ-10; фильтр ОМГ105ВNR - 25 мкм; трубопроводы (поз. 4 и 6, рис. 1) длиной по 6 метров, номинальный диаметр  $D_n=1/4"$ . Перед подключением гидроцилиндр был заполнен рабочей жидкостью ВМГЗ с массовой долей механических примесей 0,17% (определение согласно ГОСТ 6370-2018). В гидробаке была рабочая жидкость ВМГЗ с массовой долей механических примесей 0,02%. После подключения гидроцилиндра были совершены 50 двойных ходов поршня и произведена оценка изменения уровня загрязнения табл. 1.

Таблица 1

Уровень механических примесей в рабочей жидкости, %

Место контроля	Количество двойных ходов поршня, шт.		
	1	25	50
Гидравлический бак, 20л	0,02	0,02	0,02
Вход поршневой полости	0,14	0,14	0,14
Вход штоковой полости	0,14	0,14	0,14

Проведённые испытания показали, что рабочая жидкость из гидроцилиндра не будет проходить через фильтр, а будет совершать возвратно-поступательное движение в застойной зоне. За все время работы гидроцилиндра рабочая жидкость не пройдет через фильтр и не будет очищена от механических примесей, все они будут накапливаться в полостях гидроцилиндра, что приведет к высокой скорости износа уплотнительных элементов гидроцилиндра. При такой компоновке гидросистемы невозможно обеспечить

необходимый уровень надежности элементов гидропривода в виду отсутствия полной циркуляции рабочей жидкости через очистные устройства. Наличие фильтров в гидросистемах не может гарантировать очистку рабочей жидкости необходимо также правильно организовать ее циркуляцию в гидросистеме. Ускоренный износ уплотнительных элементов и гильзы гидроцилиндров, конечно, не приводит к внезапным отказам, но в виду того, что судно может находится долгое время в дали от технических баз обслуживания износ приведет к снижению эффективности работы гидропривода.

#### **Список литературы:**

1. Рыбак, А.Т. Моделирование и расчет гидромеханических систем на стадии проектирования : монография / А.Т. Рыбак. – Ростов-на-Дону : Донской государственный технический университет. 2006. – 167 с.
2. Богданов, А.С. Судовой гидропривод корабельных комплексов – область новых технологий при создании и модернизации кораблей и судов / А.С. Богданов // Морские интеллектуальные технологии. – 2008. № 1(1). С. 76 – 80.
3. Reliability-based maintenance scheduling of hydraulic system of rotary drilling machines / Mohammad Javad Rahimdel, Mohammad Ataei, Reza Khalokakaei, SeyedHadiHoseinie // International Journal of Mining Science and Technology. 2013. №23. P. 771 – 775
4. Zhang T. & Zhang Y. Reliability of hydraulic pressure pipeline made by different materials under impact vibration with finite probability information // Materials Research Innovations. 2014. 18. pp. 5 – 66.
5. Reliability optimization design of hydraulic system considering oil contamination / Zhou X., Yang Z., Tian H., Chen C., Wang L., Zhu Y., & Liu J. //Journal of Mechanical Science and Technology. 2020. 34. pp. 5041 – 5051
6. Тарбеев А.А. Результаты исследования гидроцилиндров лесных машин для обоснования диагностических параметров/ А.И. Павлов, А.А. Тарбеев //Вестник ПГТУ. – 2019. – №4. – С. 135 – 139.
7. Чиликин А.А., Трушин Н.Н. Сравнительный анализ современных методов диагностики состояния гидравлических систем. Известия Тульского государственного университета. Технические науки, 2014. №3, с. 117 – 127.
8. Пугин, К.Г. Повышение надежности гидравлических систем строительных, дорожных и подъемно-транспортных машин в Арктической зоне Российской Федерации / К. Г. Пугин, И. Э. Шаякбаров // Химия. Экология. Урбанистика. 2022. Т. 3. С. 222 – 226.
9. Шаякбаров, И.Э. Характеристики тупиковых узлов гидравлических систем строительно-дорожных машин / И.Э. Шаякбаров, К.Г. Пугин // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. 2022. Т. 1. – С. 51 – 56.
10. Пугин, К.Г. Повышение надежности гидравлических систем строительных и дорожных машин, эксплуатируемых в зимний период времени в Арктической зоне Российской Федерации / К.Г. Пугин, И.Э. Шаякбаров // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1: Естественные и технические науки. 2022. № 1. С. 154 – 162.
11. Тарбеев, А.А. Методика определения стратегии замены элементов гидропривода транспортно-технологических машин/ А.И. Павлов, А.А. Тарбеев // Современные наукоёмкие технологии. – 2018. – №4. – С. 108 – 112.

