УДК 621.891.22 DOI: https://doi.org/10.18664/1994-7852.148.2014.72785

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ГІДРОПРИВОДУ КРАНІВ

**Кандидати техн. наук А.В. Євтушенко, А.М. Кравець, А.В. Погребняк,
магістранти О.В. Ковальов, Д.Б. Долюк**

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ГИДРОПРИВОДА КРАНОВ

**Кандидаты техн. наук А.В. Евтушенко, А.М. Кравец, А.В. Погребняк,
магистранты А.В. Ковалёв, Д.Б. Долюк**

POVISHENIE RELIABILITY HYDRAULIC CRANES

**Cand. of techn. sciences A. Evtushenko, A. Kravets, A. Pogrebnyk,
Undergraduates A. Kovaliov, D. Dolyuk**

У статті пропонується метод підвищення надійності гідроприводу мобільних кранів шляхом поліпшення властивостей робочих рідин за рахунок дозованого введення в них присадок з контейнера. Розглянуто бракувальні показники робочих рідин гідроприводу. Виявлено причини старіння легованих масел і спрацьовування в них присадок. Пропонується спосіб визначення швидкості спрацьовування присадок і, відповідно, швидкості їхнього уведення.

Ключові слова: *контейнер для присадки, дозоване введення, спрацьовування присадки, робоча рідина, гідропривід.*

В статье предлагается метод повышения надежности гидропривода мобильных кранов путем улучшения свойств рабочих жидкостей за счет дозированного ввода в них присадок из контейнера. Рассмотрены браковочные показатели рабочих жидкостей гидропривода. Выявлены причины старения легированных масел и срабатывания в них присадок. Предлагается способ определения скорости срабатывания присадок и, соответственно, скорости их ввода.

Ключевые слова: *контейнер для присадки, дозированный ввод, срабатывание присадки, рабочая жидкость, гидропривод.*

In this article were analised the conditions of the working the actuating fluid of hydraulicals in the mobile cranes. Also the rejection factor of the actuating fluid (the kinematic viscosity, the solids content, the purity grade, the water content, the acidity, etc.) were considered. Moreover, the causes of aging the doped oils and the tripping additives in them were identified. In this article proposed a method of determining the response speed of additives and, respectively, the speed of their input. Also it was justified the dosed input of additives instead of additives which are out of work. The article proposes the method for increasing the reliability of the hydraulic of the mobile cranes by improving the properties of the working fluid through the dosed input of additives from the container. There is a construction of the container for the dosed input and how it works. Moreover, in the article proposed a place for the container in crane`s hydraulic.

The advantage of this innovation is not only increasing of the service life of the hydraulic fluid, increasing of the durability of the parts, but also improving the reliability of the hydraulic cranes in general.

Keywords: *container additives dosed, triggering additives, hydraulic fluid, hydraulic.*

Вступ. Завдяки ряду суттєвих переваг гідропривод широко застосовується в будівельних машинах, зоркема в мобільних кранах (МК) (автокрани, крани на спеціальному шасі автомобільного типу, пневмоколісні, залізничні тощо). Кількість МК, що експлуатуються зараз, з гідроприводом складає понад 75%. Досвід єксплуатації таких МК показує, що до 70% відмов пов’язано з гідроприводом. Удосконалення методів, засобів організації технічної експлуатації гідропривода дозволяє істотно підвищити його експлуатаційну надійність, а отже, використання МК. Одним з основних

конструктивних елементів, що забезпечує безперебійну та тривалу експлуатацію гідравлічного приводу, є робоча рідина (РР). В інструкціях з експлуатації гідроприводів МК зазначені терміни служби РР до заміни в машино-годинах або необхідність її заміни після двох років експлуатації. Зазвичай, срок служби РР у гідроприводах МК перебуває в межах 3500-4000 маш.-годин [1,2]. При легких умовах експлуатації гідроприводів швидкість старіння РР зменшується, і терміни їх служби можуть бути продовжені. При тяжких умовах експлуатації навпаки – процес старіння інтенсифікується, що різко знижує терміни служби РР до заміни. Крім того, машини, що використовуються в цей час в експлуатуючих організаціях досить зношені, що також негативно відбивається на процесах старіння РР і приводить до необхідності їхньої заміни в строки, що не вкладаються в нормативні. Тому про доцільність заміни РР на свіжі варто судити не по числу годин напрацювання, а по фактичному стану якості РР, що дозволить знизити витрати на технічне обслуговування й ремонт машин, а також більш ощадливо витрачати дефіцитні й дорогі РР.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. У цей час ще немає, на жаль, стандартизованих значень показників граничного стану РР, що працювали, за якими можна визначити необхідність їх своєчасної заміни. Існують лише деякі усереднені показники граничного стану РР різного призначення (кінематична в’язкість, вміст механічних домішок, клас чистоти, вміст води, кислотне число), які можна використовувати при експлуатації, як орієнтовні, тому що ці показники якоюсь мірою узагальнюють досвід застосування РР у різних умовах.. Отже виникає необхідність контролювати якість РР в процесі експлуатації гідроприводів, як це і обумовлено в [1,2] періодично перевіряти стан РР через кожні 1200 годин роботи кранів, але не ріже одного разу на рік.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При використанні в гідроприводах РР її кінематична в'язкість, як відомо, змінюється. Під час експлуатації спостерігаються значні перепади температур: від -40^{0}С при запуску до 60-80^{0}С при сталому режимі. Температура гідроприводу може короткочасно підвищуватися до 120-130^{0}С. Спостерігаються також великі перепади тиску: від 0 до 25 МПа та вище. Швидкість ковзання поверхонь, що труться, може досягати 20 м/с [3,4]. На надійність роботи гідроприводів, в першу чергу, впливає гранулометричний склад забруднень. Найбільш небезпечні частинки – ті, розмір яких складає більше 5 мкм [3,4]. Наявність води у РР при експлуатації гідроприводу сприяє утворенню стійких емульсій. Поява мікрокрапель води в змащувальних плівках внаслідок їх випару приводить до розривів оливної плівки на трибоповерхнях та сприяє збільшенню в 1,5-2,0 рази зносу [4]. Особливістю старіння легірованих олив є поступове погіршення властивостей присадок, які містяться у них. Це відбувається за слідуючими причинами [5-8]:

а) спрацьованість внаслідок витрати активних компонентів присадки, дія яких основана на утворенні у зоні тертя хімічних з’єднань з матеріалом поверхонь, які змащуються;

б) розкладання присадок в РР під впливом високих температур яке відбувається дуже інтенсивно в зонах тертя, коли мікровиступи контактують своїми вершинами та зрізають один одного, що і стимулює різке збільшення температури При цьому має місце не тільки спрацьовування присадок, але і утворення в продуктах розпаду речовин, які приводять до корозії деталей [5];

в) деструкція полімерних присадок (деполімерізація), яка відбувається у наслідок механічних дій під час прокачки РР крізь вузькі зазори, а також при різких перепадах тиску (під час механічної деструкції молекули полімерів роздробляються на більш дрібні і ефективність присадки знижується);

г) випадіння присадки до осадку характерно, в основному, для металовміщуючих присадок, особливо, якщо останні утворюють з нафтопродуктом колоїдну суміш;

д) адсорбція присадок на деталях гідроприводу, поверхнях фільтроелементів і частках забруднень;

е) зменшення концентрації присадки за рахунок витоків.

Інтенсивність випадіння присадки до осадку різко зростає при обводненні олив. Як показують дослідження, при наявності в оливах води концентрація присадок знижується до 50...60% від початкової [3, 8, 9]. Якщо

прийняти до уваги, що РР з присадками гігроскопічні і обводнення машин, особливо тих, що експлуатуються на відкритому повітрі (наприклад, автокрани, крани на спеціальному шасі автомобільного типу, пневмоколісні, залізничні тощо) практично неминуче, то проблема підвищення якості обводнених РР з випавшими присадками набуває особливої актуальності.

Визначення мети та задачі дослідження. Метою роботи є дослідження впливу забруднень РР на елементи гідроприводів МК. А також розглядається величина концентрації присадок у РР, як один з браковочних показників, що впливає на експлуатаційні властивості РР та на надійність гідроприводу вцілому. Пропонується засіб підвищення надійності гідроприводу МК шляхом дозованого введення присадок до РР.

Основна частина дослідження. Спрацьовування присадок в РР, які використовуються у гідроприводах, підтверджується результатами досліджень [9, 10]. Аналізуючи графік залежності $\ln C_\tau = f(\tau)$ автори вивели наступне рівняння, що описує закономірність спрацьовування протизношувальної присадки

$$\ln C_\tau = \ln C_0 - K\tau, \qquad (2.1)$$

де C_τ - концентрація присадки в момент часу τ;

C_0 - початкова концентрація присадки;

K - стала величина, що дорівнює тангенсу кута нахилу прямої до осі абсцис [9]).

Отже

$$C_\tau = C_0 e^{-k\tau}. \qquad (2.2)$$

Використовуючи вираз (2.2) можна визначити час спрацьовування присадки до мінімально допустимого (бракувального) значення C_{min}

$$t_{бр} = \frac{1}{k}\ln\frac{C_0}{C_{min}}. \qquad (2.3)$$

З (2.3) можна зробити висновок аналогічний тому, який був зроблений для моторних олив [3,7]: для збільшення строку служби в гідроприводах РР в два рази (по спрацьовуванню присадки) необхідно у 7,3 рази збільшити початкову концентрацію присадки, що недоцільно з економічної точки зору. Протизношувальні присадки у значній мірі визначають протизношувальні властивості олив, а отже, зносостійкість вузлів тертя машин. Отже, слід очікувати, що протизношувальні присадки обмежують строки служби олив, так як зниження концентрації за рахунок їх спрацьовування до будь-якого мінімально допустимого значення приводить до збільшення інтенсивності зношування, а отже, до необхідності заміни оливи на свіжу.

Розрахунки, які наведені у [9, 10], показали, що порційний і безперервний спосіб уведення присадок більш економічний, ніж одноразове уведення. Так, якщо концентрація C_0 присадки при одноразовому уведенні у 3 рази перебільшує мінімально допустиму, то заміна на безперервне дозоване уведення може забезпечити при цій же витраті присадки збільшення строку спрацьовування майже у 2 рази, а при співвідношенні $C_0/C_{min} = 5$ – в 3 рази.

Позитивний ефект цього заходу виявляється не тільки у збільшенні строків служби РР, підвищенні зносостійкості деталей, але і в підвищенні надійності гідроприводу кранів вцілому. Для дозованого вводу присадки пропонується контейнер (рис. 1).

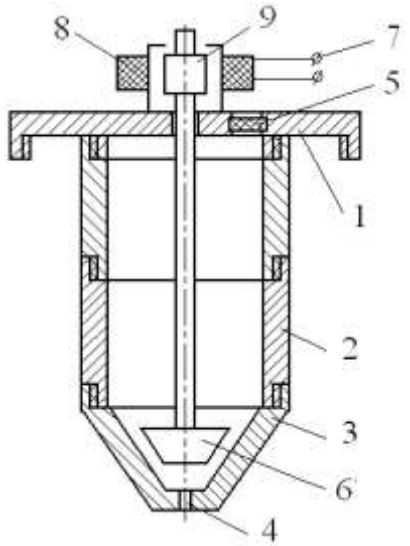

Рис. 1. Принципова схема контейнера для дозованого введення присадок:
1 – кришка; 2 – корпус; 3 – конусна насадка; 4 – отвір капілярного типу; 5 – повстинний фільтр; 6 – клапан; 7 – контакти; 8 – електромагніт; 9 – осердя

Під час роботи МК живлення подається на контакти 7, осердя 9 електромагніта 8 піднімається в крайнє верхнє положення і клапан 6 відкриває вихідний отвір капілярного типу 4. Присадка потрапляє до резервуара з РР. Коли живлення вимикається клапан 6 опускається під власною вагою і закриває отвір 4, не дозволяючи присадці потрапляти до резервуара. Концентрація присадки повинна знаходитися у визначених межах залежно від маси РР у гідроприводі машини. Тому корпус контейнера має модульну конструкцію та зроблен розбірним, складові частини якого з'єднані різьбою. Швидкість уведення присадки до РР і, відповідно, кількість присадки залежить від швидкості її спрацьовування. Використовуючи контейнер, дозоване уведення присадки здійснюється згідно механізму гідродинаміки. Визначити радіус капіляра, який необхідний для підтримки концентрації присадки в РР можна з рівняння

$$r = \sqrt[4]{\frac{Q8\eta l}{n\pi\rho g h\tau}}\ , \qquad (2.4)$$

де Q - кількість присадки;

η - динамічна в'язкість присадки;

l - довжина капіляра;

n - кількість капілярів;

ρ - щільність присадки;

g - прискорення вільного падіння;

h - середня висота присадки у контейнері;

τ - час вивільнення присадки.

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. При експлуатації РР присадки в них спрацьовуються перш ніж інші бракувальні показники досягнуть максимальних (критичних) значень. У зв'язку з цим доцільним є додавання присадки з метою поліпшення експлуатаційних властивостей РР, подовження строків їх служби та зменшення (наприклад, при додаванні протизношувальної присадки) зносу деталей гідроприводів, а отже підвищення надійності гідроприводу МК вцілому. Спрацьовування присадки в процесі експлуатації гідроприводів підкоряється експоненціальній закономірності. Присадку потрібно додавати дозовано, враховуючи її швидкість спрацьовування. Для цього можна використати спеціальний контейнер, що пропонується, принципова схема якого наведена на рис. 1. Користуючись формулою (2.4) можна розрахувати конструктивні параметри контейнера з урахуванням швидкості вивільнення присадки.

Під час вибору оптимального місця встановлення контейнера потрібно керуватися не тільки зручністю монтажу, але й необхідністю забезпечувати постійне перемішування присадки з РР, що може бути досягнуто при встановленні контейнера на гідробаку між зливним та усмоктувальним трубопроводами, але якщо це неможливо, то його можна встановити на заливну горловину гідробака.

Список використаних джерел

1. Кран стреловой автомобильный КС-35714К-2. Руководство по эксплуатации КС-35714К-2.00.000 РЭ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ivmar-ka.ru/ivmarka_docs/files/new/ruk_po_expluat_KC-35714K-200000RE.pdf.

2. Кран стреловой автомобильный КС-45717-1. Руководство по эксплуатации КС-45717-1.00.000 РЭ [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://ivmar-ka.ru/ivmarka_docs/files/new/ruk_po_expluat_KC-45717-1.

3. Венцель, Е.С. Улучшение качества и повышение сроков службы нефтяных масел [Текст] / Е.С. Венцель, С.Г. Жалкин, Н.И. Данько. – Харьков: ХарГАЖТ, 2003. – 168 с.

4. Руднев, В.К. Повышение эксплуатационной надежности гидроприводов строительных и дорожных машин [Текст] / В.К. Руднев, Е.Н. Лысиков, Е.С. Венцель. – К.: УМК ВО, 1989. – 136 с.

5. Связь между смазывающими и поверхностными свойствами серо-, фосфоро- и азотосодержащих присадок [Текст] / П.С. Белов, В.А. Парфенова, О.Е. Цыганкова [и др.] // Трение и износ. – 1993. - Т.14, №2. – С. 354-358.

6. Конакова, С.А. О взаимном влиянии присадок различного функционального назначения [Текст] / С.А. Конакова, И.Э. Виноградова, И.Ф. Благовидов // Проблемы трения и изнашивания. – 1980. - № 17. – С. 81-83.

7. Кулиев, А.М. О рациональном использовании присадок к маслам [Текст] / А.М. Кулиев, Ф.Т. Сулейманов, В.Е. Башаев // Присадки к маслам. – М.: Химия, 1965. – С. 265-272.

8. Розенберг, Ю.А. Влияние смазочных масел на долговечность и надежность деталей машин [Текст] / Ю.А. Розенберг. – М.: Машиностроение, 1970. – 312 с.

9. Альбощая, Л.Н. Повышение износостойкости элементов гидропривода и сроков службы масел, путем дозированного ввода в них легирующих присадок и сорбентов [Текст]: метод. рекомендации / Л.Н. Альбощая, М.А. Альтшулер, З.С. Апосталюк [и др.]. – М.: ВНИИТЭМР, 1986. – 20 с.

10. Увеличение сроков службы рабочих жидкостей в гидроприводах дозированным введением присадок [Текст] / Е.С. Венцель, А.В. Евтушенко // Приводная техника. – 1998. - №5. – С. 14-16.

Рецензент д-р техн. наук, професор М.П. Ремарчук

Євтушенко Андрій Вікторович, канд. техн. наук, доцент, кафедра будівельних, колійних та вантажно-розвантажувальних машин, Українська державна академія залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-72.
Кравець Андрій Михайлович, канд. техн. наук, доцент, кафедра будівельних, колійних та вантажно-розвантажувальних машин, Українська державна академія залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-72. E-mail: kafspprm2@rambler.ru.
Погребняк Андрій Валерійович, канд. техн. наук, доцент, кафедра будівельних і дорожних машин, Харківський національний автомобільно-дорожній університет. Тел.: (057) 738-77-97.
Ковальв О.В., магістрант кафедри будівельних, колійних та вантажно-розвантажувальних машин, Української державної академія залізничного транспорту.
Долюк Д.Б., магістрант кафедри будівельних, колійних та вантажно-розвантажувальних машин, Української державної академія залізничного транспорту.

Yevtushenko Andriy, candidate of technical sciences, associate professor, department of construction, travel and cargo handling machines, Ukrainian State Academy of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-72.
Kravets Andriy, candidate of technical sciences, associate professor, department of construction, travel and cargo handling machines, Ukrainian State Academy of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-72. E-mail: kafspprm2@rambler.ru.
Pogrebnyk Andriy, candidate of technical sciences, associate professor, department of construction and road machines, Kharkiv national automobile and highway university. Tel.: (057) 738-77-97.
Kovaliov Alexander , undergraduate of department of construction, travel and cargo handling machines, Ukrainian State Academy of Railway Transport.
Dolyuk Dmitry, undergraduate of department of construction, travel and cargo handling machines, Ukrainian State Academy of Railway Transport.