

УДК 69.002.51.192:621.225.2

Д. Ю. Кобзов, В. В. Жмуров, И. О. Кобзова*

**ВЛИЯНИЕ СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТИ
КОНТРЕЛА НА ГЕРМЕТИЗИРУЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ
УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ УЗЛОВ ГИДРОЦИЛИНДРА**

Рассмотрен механизм течи рабочей жидкости через уплотнительные узлы гидроцилиндров дорожных и строительных машин. Приводится влияние шероховатости поверхности контртела на величину утечки.

Ключевые слова: гидроцилиндр, утечки, шероховатость.

Установлено [1], что наибольшую трудность представляет герметизация стыка подвижных соединений, в частности, возвратно-поступательного

перемещения, вследствие чего требования к точности и чистоте обработки поверхностей составляющих их элементов довольно высоки.

Процесс герметизации стыка, например наиболее распространенными резиновыми уплотнителями, осуществляется главным образом в результате внедрения сжатой резины в неровности на поверхности контактирующего с ней контртела. При этом резина в состоянии покоя довольно полно заполняет микроканалы, перекрывая их и тем самым предотвращая течь рабочей жидкости. В динамике, при взаимном перемещении уплотнителя и контртела процесс качественного сканирования микроканалов и микрокамер невозможен, чем объясняется истечение и вынос жидкости за пределы герметизируемого стыка [1, 2]. Отсюда, состояние поверхности контртела в значительной степени определяет качество уплотнения. Например, изменение шероховатости поверхности штока гидроцилиндра с 0,16 до 1,25 мкм при давлении 20 МПа и скорости штока 0,84 м/с увеличивает утечку жидкости через уплотнительный узел в 6 раз [3].

В действительности же [4 – 10] шероховатость уплотняемых поверхностей штока и корпуса гидроцилиндров ДСМ нередко достигала 20...40 мкм, а глубины рисок, царапин и вмятин соответственно составляли 0,15, 0,5 и 2,5 мм.

Величину течи через микроканалы, образованные эксплуатационными повреждениями поверхности контртела, можно определить [6, 11, 12] по формуле

$$Q_{УП} = \psi \pi D \Delta p R_z^3 / (l \mu) \exp(3 p_k / M) \quad (1)$$

Где: $Q_{УП}$ – утечка рабочей жидкости через микроканалы; D и l – соответственно, диаметр и ширина уплотнителя; M – фактор с размерностью давления, характеризующий свойства материала эластичного уплотнителя [7]; p_k – контактное давление уплотнителя [13-17]; R_z – средняя высота микро-неровностей [6, 14, 19, 20]; Δp – перепад давления через уплотнительный узел; μ – динамический коэффициент вязкости рабочей жидкости [12, 14, 18 – 20]; ψ –

безразмерная функция состояния поверхности, характеризующая проводимость микроканалов и имеющая вероятностный характер [6, 7].

Входящий в нее фактор M находится из уравнения [6], описывающего процесс химической релаксации

$$M = p_{KH} \exp(-\eta_y \tau_y), \quad (2)$$

где: p_{KH} – начальное контактное давление уплотнителя; η_y – коэффициент, характеризующий скорость изменения фактора $M_{УП}$; τ_y – период изменения фактора $M_{УП}$ от начального значения до предельного, соответствующего наибольшей величине течи.

Безразмерная функция $\psi_{МК}$ состояния поверхности описывается выражением

$$\psi_{МК} = \left(\sum_{i=1}^{i=n} \eta_{ПКi} B_{Ki} \delta_{Ki}^3 \right) / \pi D_{2,3} R_z^3, \quad (3)$$

отображающей истечение рабочей среды через капилляры произвольной формы [6, 11, 12]. Где: B_{Ki} и δ_{Ki} – соответственно, ширина и глубина микроканалов; $\eta_{ПКi}$ – коэффициент, характеризующий степень их перекрытия при деформации материала уплотнителя.

Однако кроме истечения жидкости по не перекрытым или частично перекрытым микроканалам имеет место гидродинамический механизм образования масляной пленки, формирующейся на поверхности контртела под действием фрикционного потока и затем выносимой им за пределы уплотнительного узла [7, 10 – 12, 21]. Величина этих потерь находится по формуле

$$V_{УП} = \pi D_{2,3} z_w (\phi_M \delta_M - \phi_H \delta_H) = \pi D_{2,3} z_w \Delta h, \quad (4)$$

где: z_w – ход контртела (ход штока/поршня); Δh – эквивалентная толщина пленки; δ_M и δ_H – толщина пленки, соответственно, при прямом и обратном ходе контртела.

Таким образом, полный объем течи рабочей жидкости через узел определяется суммой перетечек жидкости вследствие наличия на поверхности

контртела эксплуатационных повреждений, а также адсорбированной масляной пленки:

$$Q_{УПМ} = \Psi_{МК} \pi D_{2,3} \Delta p R_z^3 / l_8 \mu_{ДЖ} \exp(3 p_k / M_{УП}) + \pi n_z D_{2,3} z_w \Delta h,$$

где: n_z – число двойных ходов штока гидроцилиндра в секунду.

Поскольку практические операции с данной записью затруднены из-за отсутствия значений большинства экспериментальных коэффициентов, входящих в нее, можно воспользоваться рекомендациями [11], в соответствии с которыми для приближенной оценки искомой течи на практике используют эмпирические характеристики $Q_{УПМ0}$, установленные для уплотнителей определенного размера $D_{20,30}$, и параметров Δp_0 , $(dz_w / dt)_0$ и $\mu_{ДЖ0}$, а также соотношение

$$Q_{УПМ} = Q_{УПМ0} \times \left\{ [D_{2,3} \Delta p (dz_w / dt) \mu_{ДЖ}] + [D_{20,30} \Delta p_0 (dz_w / dt)_0 \mu_{ДЖ0}] \right\}^{1/2}. (6)$$

В работе [7] с использованием последнего выражения проведен расчет утечек $Q_{УПМ}$ в единицу времени ($\text{см}^3/\text{с}$) и с единицы уплотняемой поверхности ($\text{см}^3/\text{м}^2$) для штокового уплотнительного узла применительно к гидроцилиндрам рабочего оборудования одноковшовых строительных экскаваторов П-V размерных групп, в конструкции которых используются новые уплотнители по ГОСТ 14896-84, а поверхность контртела имеет эксплуатационные повреждения со среднестатистическими параметрами: средняя ширина $0,1539 \cdot 10^{-3}$ м, средняя глубина $0,0532 \cdot 10^{-3}$ м. При этом в качестве исходной информации о значении течи $Q_{УПМ0}$ приняты результаты исследований [7]: $0,00447 \text{ см}^3/\text{с}$ и $0,106 \text{ см}^3/\text{м}^2$, а итоговые находятся в диапазонах $0,00165 \dots 0,00386 \text{ см}^3/\text{с}$ и $0,019 \dots 0,027 \text{ см}^3/\text{м}^2$ [8].

Однако полученные величины дают лишь приближенное представление о значениях возможной негерметичности

уплотнителя при его взаимодействии с поврежденным контртелом, что обусловлено индивидуальностью состояния поверхности последнего, при которой основные параметры, характер и интенсивность расположения микроканалов и микрокамер носят случайный характер и могут изменяться в широком диапазоне [7].

Литература

1. Башта Т. М. Машиностроительная гидравлика: справ. пособие. М.: Машиностроение, 1971. 425 с.
2. Башта Т. М. Гидравлические приводы летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1967. 495 с.
3. Петров И. В. Обслуживание гидравлических и пневматических приводов дорожно-строительных машин. М.: Транспорт, 1985. 168 с.
4. Кобзов Д.Ю. Диагностирование гидроцилиндров рабочего оборудования одноковшовых строительных экскаваторов: Дисс. ... к.т.н./ЛИСИ, Л., 1987.-345 с.
5. Кобзов Д. Ю. Диагностирование гидроцилиндров рабочего оборудования одноковшовых строительных экскаваторов : дис. ... канд. техн. наук. Л., 1987. 345 с.
6. Кондрашов П. М. Исследование работоспособности уплотнителей гидроцилиндров рабочего оборудования строительных машин при рабочем давлении до 50 МПа : дис. ... канд. техн. наук. Л., 1980. 122 с.
7. Фролов И. О. Влияние эксплуатационных повреждений на работоспособность гидроцилиндров и способы повышения их надёжности, применительно к одноковшовым строительным экскаваторам : дис. ... канд. техн. наук. Л., 1984. 221 с.
8. Сергеев А. П. Диагностирование гидроцилиндров рабочего оборудования одноковшовых строительных экскаваторов по параметрам герметичности : дис. ... канд. техн. наук. Л., 1989. 351 с.

9. Кобзов Д.Ю., Сергеев А. П., Карпович П. М. Анализ факторов, определяющих надёжность гидроцилиндров экскаваторов. Братск, 1997. 11 с. Деп. в МАШМИР № 2- сд 97.
10. Оказание технической помощи по совершенствованию гидроцилиндров рабочего оборудования одноковшовых строительных экскаваторов : отчёт о НИР (заключ.) / Брат. индустр. ин-т ; рук. Мамаев Л. А. ; исполн. : Кобзов Д. Ю. [и др.]. Братск, 1990. 81 с. ГР 01900052221 ; Инв. № 02900039190.
11. Повышение эффективности методов ремонта гидрооборудования СДМ с применением полимерных материалов : отчёт о НИР (промежуточ.) / Брат. индустр. ин-т ; рук. Калашников Л. А. ; отв. исполн. Кобзов Д. Ю. Братск, 1988. С. 26-71. ГР 01890045279 ; Инв. № 02890045400.
12. Уплотнения и уплотнительная техника : справочник / под общ. ред. А. И. Голубева, Л. А. Кондакова. М.: Машиностроение, 1986. 463 с.
13. Машиностроительный гидропривод / Л. А. Кондаков [и др.] ; под ред. В. Н. Прокофьева. М. : Машиностроение, 1978. 495 с.
14. Марутов В. А., Павловский С. А. Гидроцилиндры. М.: Машиностроение, 1966. 171 с.
15. Абрамов Е. И., Колесниченко К. А., Маслов В. Т. Элементы гидропривода : справочник. 2-е изд., перераб. и доп. Киев : Техніка, 1977. 320 с.
16. Башта Т. М. Расчёты и конструкции самолётных гидравлических устройств. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Оборонгиз, 1961. 475 с.
17. Башта Т. М. Объёмные насосы и гидродвигатели. М.: Машиностроение, 1974. 606 с.
18. Кобзов Д. Ю. Критерий выбора гидроцилиндров гидромеханических передач // Совершенствование рабочих процессов строительных и дорожных машин : сб. тр. Иркутск, 1991. С. 72-78.
19. Васильченко В. А. Гидравлическое оборудование мобильных машин. М.: Машиностроение, 1983. 301 с.
20. Справочное пособие по гидравлике, гидромашинам и гидро-приводам / Я. М. Вильнер [и др.] ; под общ. ред. Б. Б. Некрасова. 2-е изд., перераб. и доп. Минск : Высшая школа, 1985. 382 с.
21. Товарные нефтепродукты, свойства и применение : справочник / под ред. В. М. Школьников. 2-е изд. перераб. и доп. М. : Химия, 1978. 472 с.
22. Алексеев П. Д. Исследование процесса изнашивания уплотнителей гидроцилиндров экскаваторов : дис. ... канд. техн. наук. Л., 1971. 148 с.