

УДК 621.793

Обеспечение работоспособности соединений гидросистем технологических машин

Е.А. Памфилов^{1*}, Г.А. Пилюшина¹, П.Г. Пыриков¹, С.В. Тяпин¹

¹Брянская государственная инженерно-техническая академия, пр. Станке Димитрова, д.3, .Брянск, Россия
Статья поступила 11.01 2012, принята 15.02.2012

В статье рассматриваются возможности повышения надежности машин и оборудования за счет обеспечения работоспособности гидравлических систем и, в частности, используемых в них неподвижных разъемных соединений. Герметичность исследуемых соединений определяется совокупностью параметров, обуславливающих создание и поддержание в процессе эксплуатации необходимого функционального состояния стыка, характеризующегося физико-химическими свойствами материалов и покрытий, конструктивно-технологическими факторами, закономерностями формирования промежуточных слоев, геометрическими параметрами контактирующих поверхностей (шероховатость, волнистость, отклонения формы) и т. д. Для решения вопросов повышения износостойкости и герметичности соединений предлагается создание промежуточных слоев между контактирующими поверхностями. В таких промежуточных слоях, при соприкосновении их как с охватываемой, так и с охватывающей поверхностями, сопротивляемость относительно смещению деталей определяется коэффициентами сцепления покрытия с материалом подложки. В самой же промежуточной пленке прочность соединения определяется коэффициентом внутреннего трения в материале созданного слоя. Создаваемые слои, помимо низкого локального коэффициента трения, обладают способностью устранять возможные места протекания рабочей жидкости. В работе предложена технологическая схема формирования промежуточного функционального слоя, согласно которой для достижения благоприятной совокупности предъявляемых к герметизирующему контакту требований на одну из контактирующих функциональных поверхностей наносится химическое покрытие, на другую – газотермическое покрытие, а затем выполняется оптимизирующая приработка трибосоединения. Поскольку создаваемый промежуточный слой является достаточно пластичным, предлагается его окончательная обработка методами поверхностного пластического деформирования. Это позволяет минимизировать возможности образования каналов, через которые возможна утечка рабочей среды. Эффективность использования предложенных в настоящей работе способов герметизации подтверждена предварительной проверкой, которая показала возможность существенного повышения работоспособности неподвижных разъемных соединений гидравлических машин, используемых на предприятиях лесного комплекса.

Ключевые слова: неподвижные разъемные соединения, герметичность, поверхности, геометрические погрешности, фреттинг-износ, контактная деформация, металлическое покрытие, работоспособность, износостойкость, адгезия, аморфная структура.

Operability assurance of the joints of production machines hydraulic systems

E. A. Pamfilov^{1*}, G. A. Pilyushina¹, P. G. Pyrikov¹, S. V. Tyapin¹

¹Bryansk State Engineering Academy, 3, Stanke Dimitrova av., Bryansk, Russia
Received 11.01.2012; Accepted 15.02.2012

The article considers possibilities for improvement of machines and machinery reliability due to the hydraulic systems operability assurance and, in particular, immovable detachable joints employed. The tightness of the joints under the test is specified by the set of parameters which determine developing and maintaining the proper functional status of a joint within the operational process. This joint is characterized by physical and chemical properties of the materials and coatings, mechanisms of interlayers formation, geometrics of contact surfaces (roughness, undulation, form deviation) etc. To decide the problem of improvement of joints wear resistance and tightness, it is offered to produce interlayers between the contact surfaces. In such interlayers, while contacting with both enclosed and envelopment surfaces, relative resistance to parts shifting is determined by traction coefficients between the coating and substrate material. In an intermediate film itself, the joint efficiency is determined by internal friction coefficient in the material of the produced layer. Apart from low local friction coefficient, the layers produced are capable of eliminating probable working fluid leakage spots. The manufacturing scheme for functional interlayer formation has been offered in the article. According to the scheme, to obtain a favorable set of proofing contact requirements, chemical coating is applied to one of the contact surfaces and gas-thermal coating to the other. Then the optimizing wear-in of tribological conjunction is carried out. Since the produced interlayer is plastic enough, it is offered to complete machining by the methods of surface plastic forming. This enables to minimize the possibility of forming passages for fluid leakage. The efficiency of the sealing methods suggested in the article has been proved by the precheck which demonstrated the possibilities for essential performance improvement of immovable detachable joints of hydraulic machines employed at the forestry enterprises.

Keywords: immovable detachable joints, tightness, surfaces, geometrical errors, fretting, contact deformation, metal coating, working capacity, wear resistance, adhesion, amorphous structure.

* E-mail address: pamfilov@bgita.ru

По многим литературным данным, работоспособность широкой номенклатуры оборудования предприятий лесного комплекса и других отраслей промышленности в значительной степени зависит от надежной работы их гидросистем. Это связано с тем, что они обеспечивают функционирование агрегатов и исполнительных органов различных видов применяемой техники и технологической оснастки. При этом доля выхода техники из строя по причине отказов механизмов и узлов гидравлических систем во многих случаях превышает 50 %.

В связи с этим нами рассматривались возможности повышения надежности машин и оборудования лесного комплекса за счет обеспечения работоспособности гидросистем и, в частности, используемых в них неподвижных разъемных соединений, преимущественно в части повышения их герметичности и износостойкости.

Герметичность рассматриваемых соединений достигается за счет обеспечения плотного прилегания конической или сферической поверхности ниппеля к рабочей поверхности штуцера. При этом необходимое нагружение создается с помощью накидной гайки, которая осуществляет сжатие уплотнительного элемента соединения определенной нагрузкой, в результате чего образуется замкнутая, непроницаемая для рабочих жидкостей полоса контакта.

Уровень герметичности исследуемых условно-неподвижных соединений определяется совокупностью основных параметров, обуславливающих создание и поддержание в процессе эксплуатации необходимого функционального состояния стыка. К этим параметрам относятся прочность адгезионно-механических связей в контактной зоне, физико-химические свойства материалов и покрытий, конструктивно-технологические факторы, включающие условия обработки контактирующих деталей и их сборки, закономерности формирования промежуточных слоев, геометрические параметры герметизирующих поверхностей (шероховатость, волнистость, отклонения формы) и т. д.

Среди параметров, обеспечивающих герметичность неподвижных соединений, помимо поименованных выше важными являются условия внешнего силового, скоростного и температурного воздействий, наблюдающиеся в процессе эксплуатации рассматриваемой техники, а также коэффициент трения, реализующийся на площадках фрикционного контакта сопрягаемых поверхностей.

Важность учета роли коэффициента трения обусловлена тем, что рассматриваемые соединения представляют собой своего рода трибосопряжения, для которых характерны высокие удельные нагрузки, малые скорости и амплитуды перемещения. В результате этих действий на фрикционном контакте происходят сложные процессы и явления, способствующие проявлению фреттинг-износа. При этом образующиеся продукты изнашивания в большинстве случаев не могут покинуть зону контакта и, перемещаясь в ней, производят разрушающее действие на материал сопрягаемых деталей.

Для таких условий контактирования перспективным для повышения работоспособности герметизирующих соединений является формирование металлических или

полимерных промежуточных слоев между функциональными поверхностями сопрягаемых деталей. При их наличии становится возможной позитивная трансформация исходных параметров макрогеометрии и волнистости сопрягаемых поверхностей. Кроме того, если вводимый в контактную зону материал имеет возможность реструктуризации и аморфизации, то можно обеспечить частичную или полную замену внешнего трения на поверхностях деталей на внутреннее в промежуточных слоях контактной зоны герметизирующего соединения.

Кроме того, с позиции повышения герметичности соединений необходимо устранить возможности проникновения рабочей жидкости через формирующиеся при сборке контактные дегерметизирующие каналы. При этом следует иметь в виду, что образование таких каналов обусловлено в первую очередь наличием различных видов геометрических погрешностей функциональных поверхностей и их размерами в продольном и поперечном сечениях.

Для определения объемов каналов протекания рабочей жидкости через стыки в работе рассматриваются возможные схемы контактирования цилиндрических, конических или сферических поверхностей, имеющих различные геометрические погрешности (рис. 1).

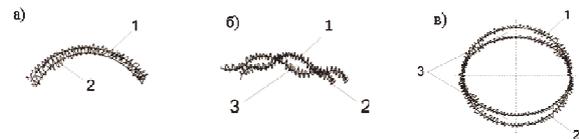


Рис. 1. Схемы контактирования функциональных поверхностей неподвижных соединений при наличии: а) шероховатости, б) шероховатости и волнистости, в) шероховатости и погрешности формы (овальность); 1) охватывающая поверхность, 2) охватываемая поверхность, 3) поры, формирующиеся в неподвижном контакте.

Как видно из приведенных схем, наиболее неблагоприятные условия герметизирующего контакта наблюдаются при наличии погрешностей формы соединяемых деталей и отчасти их волнистости.

При наличии таких геометрических погрешностей контактные процессы в стыке происходят следующим образом. Действующие в неподвижных соединениях нагрузки обуславливают деформационное воздействие на трибосистему. При этом деформирование происходит на различных масштабных уровнях, а преобладающий вклад в общую величину деформаций вносят пластические деформации.

Фактическая площадь контакта таких поверхностей A_r представляет собой сумму площадок контакта ΔA_{ri} отдельных выступов волн с шероховатой поверхностью:

$$A_r = \sum_1^n \Delta A_{ri}, \quad (1)$$

где n – число контактирующих пар выступов.

Для приближенной оценки характера деформаций выступов можно воспользоваться оценочным критерием,

позволяющим определить, какой происходит контакт микронеровностей – упругий или пластичный [3]:

$$K_p = \frac{E^*}{HB} \sqrt{\frac{R_p}{r}}, \quad (2)$$

где R_p – расстояние от линии выступов до средней линии; r – радиус кривизны выступа.

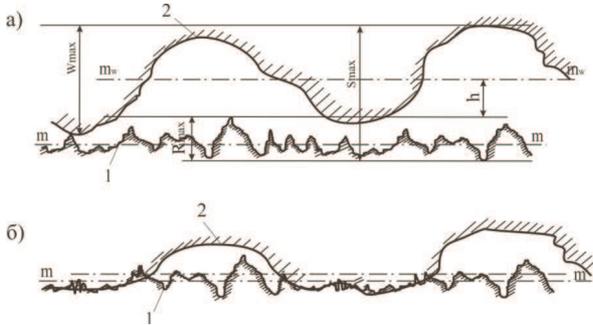


Рис. 2. Схемы начального момента контактирования шероховатой поверхности с волнистой а) и при сближении поверхностей на величину h б): 1 – шероховатая поверхность; 2 – волнистая поверхность; R_{max} – наибольшая высота профиля шероховатости; m – средняя линия шероховатости, W_{max} – максимальная высота волн; m_w – средняя линия волнистости, h – предполагаемая величина сближения поверхностей.

Если $K_p > 3$, то контакт будет преимущественно пластичным, если $K_p < 3$, – упругим [4].

Величина сближения, определяемая уровнем деформации, может быть представлена в виде следующей зависимости:

$$h = R_p \left(\frac{P}{\alpha HB A_c t_m} \right)^{1/\nu}, \quad (3)$$

где A_c – контурная площадь, α – коэффициент, принимаемый равным 1/2 при упругом контакте и 1 – при пластичном контакте; t_m и ν – параметры опорной кривой.

При решении поставленной задачи необходимо различать насыщенный и ненасыщенный контакт микронеровностей. При ненасыщенном контакте число контактирующих выступов возрастает с увеличением нагрузки. Если в контакт вступают все выступы и их число остается неизменным при дальнейшем нагружении, то такой контакт принято считать насыщенным. В этом случае следует учитывать деформацию волн, на которых находятся микронеровности.

Если число выступов фактической площади вступивших в контакт достигло числа выступов контурной площади, то при дальнейшем увеличении нагрузки число выступов остается постоянным, то есть учитывается возможность возникновения насыщенного контакта.

Для каждого выступа, в зависимости от уровня его деформации, можно определить размеры площадок контакта и установить суммарную площадь фактического контакта при данной нагрузке. Располагая величиной фактического давления, можно рассчитать и другие характеристики контакта шероховатых поверх-

ностей. Например, фактическая площадь контакта может быть определена по следующей формуле [3]:

$$A_r = \frac{P}{p_r}, \quad (4)$$

где p_r – фактическое давление; P – прилагаемая нагрузка

При насыщенном контакте можно принять $p_r = HB$.

Учитывая, что прилагаемая нагрузка $P = p_c A_c$, можно рассчитать сближение поверхностей при насыщенном контакте

$$h = R_p \left(\frac{p_c}{p_r t_m} \right)^{1/\nu}, \quad (5)$$

где p_c – контурное давление; A_c – контурная площадь.

Следует учитывать, что при сближении шероховатых поверхностей под нагрузкой на величину h , формируется такой же величины деформированный слой, обладающий существенно измененной структурой по сравнению с исходным материалом. Поэтому величину сближения следует прогнозировать с учетом волнистости, шероховатости и возможных макроотклонений уплотняемых поверхностей.

В процессе совместной многократной упругой и пластической деформации в местах непосредственного контакта взаимодействующих поверхностей происходит своего рода текстурирование поверхностных микрообъемов материала и его аморфизация, в результате чего происходит изменение практически всего комплекса физико-механических и геометрических характеристик поверхностных слоев.

При этом наибольшие изменения происходят на более мягкой из сопрягаемых поверхностей. Ее шероховатость постепенно приближается к шероховатости твердого контртела до тех пор, пока не достигнет некоторого значения, характерного для данного режима контактного взаимодействия. Наряду с трансформацией шероховатости уменьшаются и высотные показатели волнистости.

В процессе указанных изменений в контактной зоне герметизирующего соединения также создаются условия, обуславливающие протекание фреттинг-коррозии, приводящей к образованию на соприкасающихся поверхностях мелких язв и отделению за счет этого продуктов износа, сосредотачивающегося в обычных условиях на ограниченных площадках фактического контакта.

Исключить возможность такого развития контактных явлений в неподвижных разъемных соединениях возможно за счет направленного создания между контактирующими поверхностями защитно-герметизирующих слоев, состоящих из аморфных материалов. Такие слои в существенной степени изменяют механизм контактирования, который развивается с учетом наличия в контактной зоне промежуточного слоя. С позиции повышения работоспособности рассматриваемый слой должен иметь граничную адгезионную или диффузионную сцепление с охватываемой и охватываемой поверхностями, а в нем самом должны

быть созданы условия для реализации в аморфном материале внутреннего трения (рис. 3).

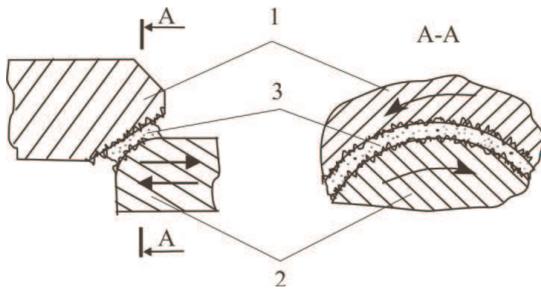


Рис. 3. Схема контактной зоны условно неподвижно соединяемых деталей, разделенных аморфным промежуточным слоем, при приложении сдвигающей нагрузки: 1 – охватывающая деталь, 2 – охватываемая деталь, 3 – промежуточный слой. Стрелками указаны векторы возможных осевых и крутильных колебаний деталей герметизирующего узла.

В таких промежуточных слоях при соприкосновении их как с охватываемой, так и с охватывающей поверхностями, сопротивляемость относительному смещению деталей определяется коэффициентами сцепления покрытия с материалом подложки (зоны 1-3 и зоны 3-2). В самой же промежуточной пленке прочность соединения определяется коэффициентом внутреннего трения в материале созданного слоя.

Для повышения работоспособности такого рода герметизирующего соединения необходимо обеспечивать, чтобы процессы контактного взаимодействия и микроперемещения при работе соединения преимущественно локализовались в зоне промежуточной протекторной пленки, не затрагивая ее граничных областей 1-3 и 3-2.

В этом случае может быть исключено разрушение основного материала деталей в результате проявления схватывания при фреттинг-коррозии и обеспечена стабильная герметичность соединения путем устранения микроутечек за счет перераспределения материала покрытия в контактной зоне. Для достижения этого должны быть соблюдены следующие условия:

$$f_{\text{вн}} < f_{\text{сц}(1-3)}; \quad f_{\text{вн}} > f_{\text{сц}(3-2)},$$

где $f_{\text{вн}}$ – коэффициент внутреннего трения в материале промежуточного слоя; $f_{\text{сц}(1-3)}$ – коэффициент сцепления в зоне «покрытие – охватывающая деталь»; $f_{\text{сц}(3-2)}$ – коэффициент сцепления в зоне «покрытие – охватываемая деталь».

Вводимый материал при сборке соединения должен надежно заполнять зоны с нарушенным герметизирующим контактом. Для формирования таких исходных покрытий возможно использование химических или электрохимических методов осаждения покрытий, процессов напыления металлов или их натирания, а также нанесение специальных металлополимерных паст.

Одновременно с заполнением возможных мест утечки рабочих жидкостей покрытия, создаваемые на

поверхностях соединяемых деталей, могут обеспечить повышение сил трения за счет увеличения площади фактического контакта. Поэтому такой подход способствует повышению герметичности стыковых зон неподвижных соединений, предохраняет составляющие их поверхности от износа, особенно проявляющегося в форме фреттинг-коррозии, а также обеспечивает повышенную прочность соединений.

Таким образом, можем прийти к уверенному выводу о целесообразности использования такого рода защитных пленок, иногда называемых «сервоитными». Материал таких пленок обладает особой структурой, образующейся в процессе трения, в результате сложных физических и химических явлений [1].

Такие пленки имеют малое сопротивление сдвигу, обладают высокой замкнутой пористостью. При трении их частицы могут переходить с одной поверхности трения на другую и схватываться друг с другом без образования повреждений и увеличения сил трения [2].

Эти свойства сервоитной пленки дают основание полагать, что в условиях контактного взаимодействия она, помимо низкого локального коэффициента трения, может обладать способностью устранять возможные места протекания рабочей жидкости – поры, капиллярные и другие пустоты.

Для обеспечения заполнения дегерметизирующих пустот и создания более толстых пленок, превышающих 4-5 мкм, необходимо обеспечить источники их формирования в виде изначально пористого дисперсного структурированного материала, наносимого на функциональные поверхности, например, за счет термической металлизации или фрикционного натирания.

Первое, что в этом плане должно быть осуществлено – это выбор герметизирующего материала. В качестве такого материала могут быть использованы пластичные материалы, способные образовывать сервоитные пленки и сохранять их в процессе длительной эксплуатации в условиях циклических микроперемещений. Наиболее перспективным в этом плане как с технологической, так и с экономической точки зрения является использование меди и ее сплавов.

Вторым фактором является обоснование объема материала, необходимого для формирования промежуточного слоя и способов регламентированного и равномерного его размещения по всей поверхности герметизирующего стыка.

Требуемый объем материала определяется главным образом объемом пустот, образующихся в герметизируемой зоне при контактировании функциональных поверхностей, то есть он зависит от величины геометрических погрешностей – шероховатости, волнистости и отклонений формы.

В принятых условиях контактирования объем межконтактного пространства может быть рассчитан по формуле [3]:

$$V = R_p A_c \left[1 - \left(\frac{p_c}{\alpha p_r t_m} \right)^{1/\nu} \right], \quad (6)$$

где V – объем межконтактного пространства; p_r – фактическое давление; p_c – контурное давление; A_c –

контурная площадь; R_p – расстояние от линии выступов до средней линии; α – коэффициент, принимаемый равным 1/2 при упругом контакте и 1 – при пластичном контакте; t_m и v – параметры опорной кривой.

При контактировании цилиндрических или конических поверхностей, имеющих в поперечном сечении формы окружности и овала, объем зазора между ними определяется по следующей зависимости:

$$V_3 = \left(\pi \frac{|d_1^2 - d_2^2|}{4} \right) m \cdot \epsilon, \quad (7)$$

где d_1 – диаметр охватываемых или охватывающих деталей соединения, не имеющих погрешностей, d_2 – размер наибольшей оси овальной формы погрешности контактирующих деталей, m – пористость, ϵ – ширина контакта соединения.

Ширину контакта соединения с достаточной для практических расчетов степенью точности можно определить из контактной задачи Герца о внедрении жесткой сферы в пластическое полупространство по формуле [3]:

$$v = \sqrt{R^2 - (R - h)^2} \approx \sqrt{2Rh}, \quad (8)$$

где R – радиус охватывающей детали, h – сближение поверхностей или толщина пористого слоя, образующегося при приложении эксплуатационной нагрузки, определяемое по формуле:

$$h = R_p \left(\frac{P}{\alpha HB A_c t_m} \right)^{1/v} \quad (9)$$

где R_p – расстояние от линии выступов шероховатости до средней линии; HB – твердость по Бринеллю.

С учетом полученного выражения (8) формула (7) примет вид:

$$V_3 = \left(\pi \frac{|d_1^2 - d_2^2|}{4} \right) \cdot \sqrt{2Rh} \cdot m \quad (10)$$

Что касается выбора материала для создания промежуточного слоя, то исходя из его целевого назначения, материал для заполнения дегерметизирующих промежутков должен быть достаточно пластичным, чтобы иметь возможность перераспределяться в пределах образовавшегося зазора, обладать достаточной структурной приспособляемостью, позволяющей противодействовать проявлению схватывания при фреттинг-коррозии.

Кроме того, такие промежуточные слои должны обладать защитно-демпфирующими свойствами, позволяющими минимизировать действие эксплуатационных динамических нагрузок, действующих в герметизирующем контакте.

Исходя из изложенного выше, нами была предложена технологическая схема формирования промежуточного функционального слоя. Согласно этой схеме, для достижения благоприятной совокупности предъявляемых к герметизирующему контакту требований принято целесообразным на одну из контактирующих функциональных поверхностей наносить химическое покрытие толщиной 2-4 мкм, на другую – газотермическое покрытие толщиной 8-10 мкм, а затем выполнять оптимизирующую приработку трибосоединения.

В результате приработки в технологической среде, представляющей собой смесь глицерина и уксусной ледяной кислоты, при возвратно-вращательном движении осуществляется аморфизация промежуточного протекторного слоя с последующим регламентированным формированием различного уровня шероховатости в продольном и поперечном направлениях контактирующих поверхностей, или создание регулярного микрорельефа.

Механизм функционирования промежуточного защитно-герметизирующего слоя сводится к следующему. Созданные на рабочих поверхностях соединяемых деталей газотермические, химические или иные покрытия достаточно надежно закрепляются в контактной зоне за счет действия адгезионных связей. В результате при приложении смещающей нагрузки не происходит срыв покрытия с материала подложки, а все относительные как микро-, так и макроперемещения, реализуются во внутренних промежуточных слоях.

При этом наиболее благоприятные условия работы герметизирующего соединения достигаются при обеспечении аморфного состояния материала промежуточного слоя.

Поскольку наносимый газотермическим способом промежуточный слой, подвергнутый аморфизирующей обработке, является достаточно мягким и пластичным, весьма перспективной представляется возможность его окончательной обработки методами поверхностного пластического воздействия. Это позволяет минимизировать возможности образования дегерметизирующих каналов, через которые возможна утечка рабочей среды.

Для получения благоприятного уровня регулярной микрогеометрии целесообразно использовать высокотвердые инструменты-инденторы, позволяющие создавать определенную повторяемость микрорельефов, имеющих разные шаговые показатели в продольном и поперечном направлениях.

С их помощью возможно многократное воспроизведение (копирование) нанесенного на инструмент рельефа в контактной зоне функциональных поверхностей, между которыми осуществляется формирование слоя промежуточного герметизирующего материала.

Эффективность использования предложенных в настоящей работе способов герметизации подтверждена предварительной проверкой, которая показала, что подобным образом можно обеспечить существенное повышение работоспособности неподвижных разъемных соединений гидравлических машин, используемых на предприятиях лесного комплекса.

Литература

1. Памфилов Е.А., Пилюшина Г.А., Тяпин С.В. Обеспечение герметичности разъемных соединений гидравлических систем технологических машин // Изв. Самар. науч. центра РАН, 2011. Т. 13, № 4(3). С. 1170-1172.
2. Потеха В.Л. Трибодилатометрия. Гомель, 2000. 374 с.
3. Пилюшина Г.А., Тяпин С.В. Состояние и пути повышения работоспособности гидропривода лесозаготовительных машин // Автотракторостроение, 2009. № 1. С. 452-455.
4. Дёмкин Н.Б., Рыжов Э.В. Качество поверхности и контакт деталей машин. М.: Машиностроение, 1981. 244 с.

References

1. Pamfilov E.A., Pilyushina G.A., Tyapin S.V. Tightness ensuring of detachable joints of technological machine hydraulic systems / Pamfilov, // Izv. Samar. nauch. tsentra RAN, 2011. T. 13, № 4(3). S.1170-1172.
2. Potekha V.L. Tribodilatometry. Gomel', 2000. 374 s.
3. Pilyushina G.A., Tyapin S.V. State and performance improvement of logging machines hydraulic actuator // Avtotraktorostroeniye, 2009. № 1. S. 452-455.
4. Dyomkin N.B., Ryzhov E.V. Surface quality and machine elements contact. M.: Mashinostroeniye, 1981. 244 s.

УДК 69.002.51.192:621.225.2

О критериях работоспособности и надежности гидроцилиндров

Д.Ю. Кобзов^{1*}, С.П. Ереско²¹Братский государственный университет, Макаренко 40, Братск, Россия²Сибирский государственный аэрокосмический университет им. М.Ф. Решетнева, пр. им. газеты «Красноярский рабочий», 31, Красноярск, Россия

Статья поступила 19.12.2011, принята 15.01.2012

Комплексный критерий работоспособности гидроцилиндра по несущей способности представляет собой пространство в системе координат с осями, соответствующими основным параметрам гидроцилиндра, ограниченное шестью критериальными поверхностями. Комплексный критерий работоспособности гидроцилиндра по герметизирующей способности представляет собой пространство в той же системе координат, ограниченное двумя критериальными поверхностями. Комплексный критерий надежности гидроцилиндра по долговечности в своей основе должен быть ориентирован на реакции, возникающие в его подвижных герметизируемых сопряжениях, применительно к создаваемому гидроцилиндру. При этом реакции должны быть привязаны к таким основным триботехническим характеристикам, как интенсивность изнашивания и возникающие при этом температуры. Комплексный критерий надежности гидроцилиндра представляет собой пространство в системе координат основных параметров гидроцилиндра, ограниченное четырьмя критериальными поверхностями. Комплексный критерий работоспособности и надежности гидроцилиндра целесообразно представить комбинацией предложенных выше двух комплексных критериев работоспособности, а также комплексного критерия надежности, образующих в системе координат основных параметров гидроцилиндра соответственно двух-, шести- и четырехгранные критериальные поверхности.

Ключевые слова: гидроцилиндр, надежность, работоспособность.

About criteria of working capacity and reliability hydraulic cylinders

Kobzov D.^{1*}, Eresko S.²¹Bratsk State University, 40, Makarenko str., Bratsk, Russia²M. F. Reshetnev Siberian State Aerospace University, 31, Krasnoyarsky rabochy av., Krasnoyarsk, Russia

Received 19.12.2011; Accepted 15.01.2012

The complex criterion of working capacity of an actuator on a carrying capacity represents space in axes with the axes matching to key parameters of an actuator, restricted to 6 criteria surfaces. The complex criterion of working capacity of an actuator on sealing in ability represents space in the same axes, restricted 2 criteria surfaces. The complex reliability index of an actuator on longevity in the fundamentals should be oriented on the responses originating in its mobile solen in matings, with reference to a created actuator. Thus responses should be tied up to such cores триботехническим in performances, as wear rate and temperatures originating thus. The complex reliability index of an actuator represents space in axes of key parameters of the actuator, restricted 4 criteria surfaces. Complex criterion of working capacity and reliability of an actuator it is expedient to present a combination offered above two complex criteria of working capacity, and also the complex reliability index, key parameters of an actuator organising in axes accordingly 2, 6 and 4 criteria surfaces.

Keywords: hydrocylinder, reliability, working capacity.

* E-mail address: interdep@brstu.ru