

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОДВИЖНОГО СОПРЯЖЕНИЯ КАК ТРИБОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Романов Д. В.

ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», Россия, 190005, Санкт-Петербург, 2-я красноармейская ул., д.4, e-mail: pikevox@list.ru

В работе рассматривается подвижное сопряжение деталей как трибологическая система, состоящая из различных элементов. Свойства материала каждого элемента формируют агрегатные свойства трибологической системы в целом. На границе раздела трущихся поверхностей проявляются свойства, характерные только для сопрягаемых материалов, которые формируют главные характеристики триботехнической системы – износостойкость и антифрикционность. Высокая износостойкость поверхностных слоёв в закрытых триботехнических системах достигается при условии увеличения прочности материала вглубь детали, постоянство которого трудно обеспечить в процессе эксплуатации, а также наличием смазочного материала, подверженного воздействию окружающей среды. Рассмотрение освещаемого вопроса показывает, что износостойкость закрытых сопряжений, работающих в среде смазочного материала, зависит от режима смазывания, агрегатных свойств системы и индивидуальных свойств элементов.

Ключевые слова: трибологическая система, износостойкость, трение.

THEORETICAL BASICS OF MOVABLE JOINTS RECOVER AS TRIBOLOGICAL SYSTEM

Romanov D. V.

SEI HPE Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Russia, 190005, Saint-Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya street, b.4, e-mail: pikevox@list.ru

In the article is considered movable joint as tribological system, which is consist of different elements. Material properties of each element are generated aggregate properties of tribological system generally. Properties come out on interacting surfaces border's which are typical only for it and which are generated tribological system main characteristics – durability and antifriction. High durability of surfaces layers in closed tribological systems is achieved on condition of hardness increasing inside material, which stability is difficulty to provide within exploitation, and also lubricant exposed to environment. Article consideration show that durability of closed tribological joints worked with lubricant depend on lubricant mode, system's aggregate properties and element's individual properties.

Key words: tribological system, durability, wear.

Любое подвижное сопряжение деталей агрегатов автомобильной техники можно представить как совокупность отдельных элементов, которые являются составом триботехнической системы с определенными соотношениями между ними, представляющими её структуру (рис.1).

Как видно из схематично представленной на рис.1 триботехнической системы входные характеристики, которыми, как правило, являются внешние воздействия, преобразуются в системе с целью реализации своего функционального назначения. Различают следующие виды внешнего воздействия [5]: динамическое (механическая сила, давление и т.п.); тепловое (температура, тепловой поток, градиент температур и т.п.).

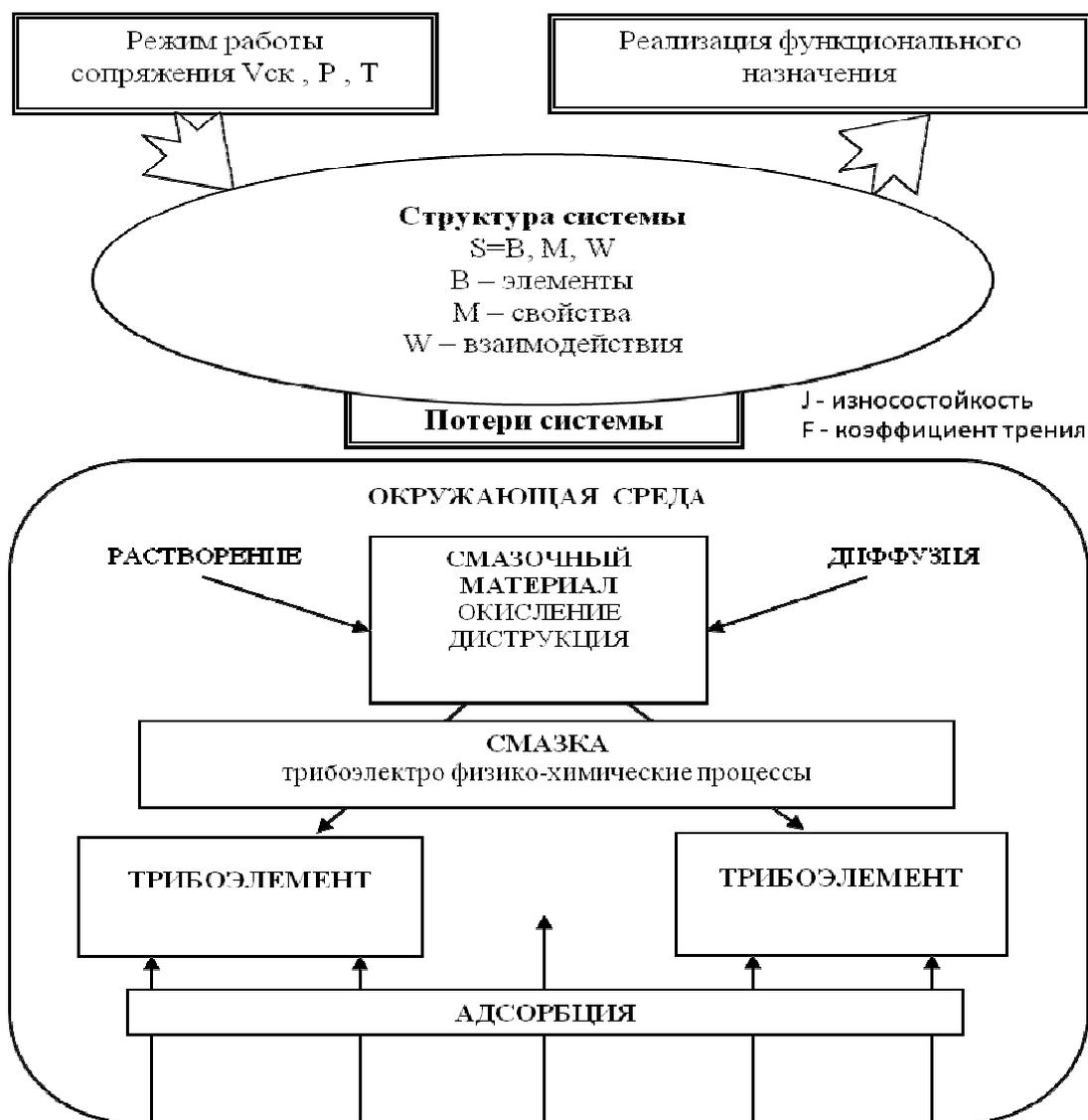


Рис. 1. Структура триботехнической системы

Эффективность любой триботехнической системы можно оценить величиной потерь, которые целесообразно разделить на две группы:

1. Потери энергии на трение, которые приближенно можно оценить коэффициентом трения

$$f_{mp} = \frac{F_{mp}}{N}; \quad (1)$$

2. Потери материала в результате структурных изменений и разрушения поверхностей трения, величину которых можно охарактеризовать интенсивностью изнашивания

$$J = \frac{\Delta h}{\Delta S}, \quad (2)$$

где Δh – линейный износ трибоэлементов сопряжения, мкм; ΔS – путь трения, м.

Элементами триботехнической системы являются (рис. 1): поверхность трущихся деталей (трибоэлементы); смазочный материал; окружающая среда.

Каждый элемент системы характеризуется определенными индивидуальными свойствами, которые оказывают воздействие на её структуру и формируют свойства самой триботехнической системы (агрегатные свойства).

На рис. 2 приведены схемы формирования агрегатных свойств триботехнической системы из индивидуальных свойств материалов её элементов. В результате контактирования трущихся поверхностей исходные характеристики, сформированные в процессе изготовления деталей и смазочной среды, претерпевают изменения. Одновременно с изменением индивидуальных свойств на границах раздела элементов проявляются свойства, характерные только для данного сочетания материалов и условий взаимодействия. Эти свойства являются определяющими в формировании главных характеристик триботехнической системы: антифрикционности и износостойкости.

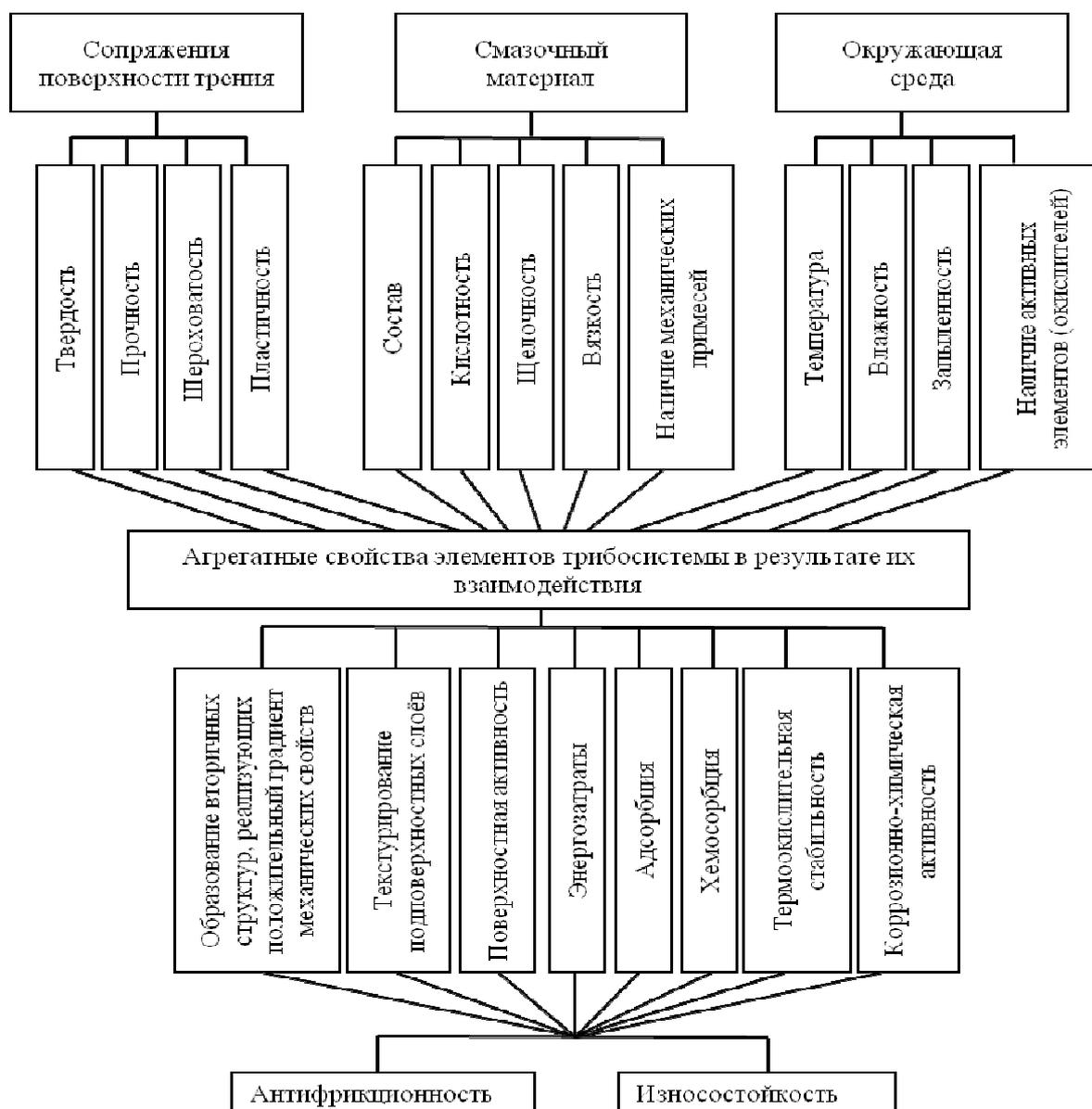


Рис. 2. Трансформация индивидуальных свойств элементов триботехнической системы в агрегатные свойства их взаимодействия

Таким образом, рассматриваемые критерии эффективности работы трибосистемы $f_{тр}$ и J являются агрегатными свойствами, т.е. свойствами, которые определяются взаимодействием всех элементов, входящих в триботехническую систему при конкретных условиях внешнего воздействия.

Главным элементом триботехнической системы являются поверхностные слои трущихся деталей. Согласно основным положениям молекулярно-механической теории трения и усталостной теории изнашивания в процессе трения сопряженных деталей в их поверхностных слоях происходят три взаимовлияющих процесса [5]: взаимодействие поверхностей при трении; изменение свойств поверхностей в результате взаимодействия и влияния окружающей среды; разрушение поверхностей вследствие двух предыдущих процессов, т.е. износ.

Для закрытых триботехнических систем, где вероятность нахождения смазочного материала на контакте поверхностей трения выше, чем элементов окружающей среды, основным условием высокой износостойкости сопряжения является правило положительного градиента механических свойств. Согласно этому правилу прочность поверхностных слоёв увеличивается по мере продвижения вглубь детали, что обеспечивает локализацию пластических деформаций и всех структурных изменений в тонком пограничном слое.

Существующими технологическими методами можно обеспечить положительный градиент механических свойств при восстановлении деталей, однако сложность состоит в том, чтобы обеспечить его постоянство в процессе эксплуатации, так как под воздействием многократных пластических деформаций происходит упрочнение поверхностных слоёв (наклеп). Формирование на поверхностях трения вторичных структур является одним из условий высокой износостойкости сопряжения [4, 1, 2, 3].

Основным функциональным назначением смазочного материала является разделение трущихся поверхностей. Исходя из различных условий смазывания, определяемых, в основном, конструкцией подвижного сопряжения и режима его работы в смазочном материале, можно выделить две группы свойств: объёмные и поверхностные.

Объёмные свойства смазочного материала характеризуют условия работы сопряжений при гидродинамической смазке, и, как правило, не дают возможности оценить взаимодействие трибоэлементов при граничном режиме трения. Так, показатели, характеризующие вязкостные свойства смазочного материала (кинематическая вязкость при 100°C , динамическая вязкость, индекс вязкости), являются объёмными (индивидуальными)

свойствами. В идеальном случае при работе подшипника в гидродинамическом режиме процессы взаимодействия сопряженных поверхностей будут осуществляться через слой смазочного материала, и характер трения будет определяться вязкостными характеристиками смазки.

При граничном режиме трения все триботехнические процессы локализуются на границе раздела двух фаз: поверхности трущихся тел и смазочного материала. В соответствии с международными стандартами ИСО 4378/3 под граничной смазкой понимается такой вид смазки, которому не могут быть приписаны объёмные вязкостные свойства смазочного материала и который определяется свойствами граничных слоёв, возникающих при взаимодействии материалов поверхности трения и смазочного материала в результате физической адсорбции или химической реакции. Так как работа сопряжения в режиме гидродинамической смазки считается практически безыносной, то износостойкость сопряжения при граничной смазке будет зависеть от прочности адсорбированной или хемосорбированных слоёв, которая, в свою очередь, зависит от химической активности металла и поверхностной активности смазочного материала [5].

Для закрытых триботехнических систем влияние окружающей среды на процессы трения сводится к изменению свойств смазочного материала в результате растворения в нем элементов окружающей среды. Наибольшее влияние оказывают кислород и влага, содержащиеся в воздухе, приводящие к окислению и образованию коррозионно-активных веществ.

Таким образом, износостойкость закрытых сопряжений, работающих со смазкой поверхностей трения, будет определяться агрегатными свойствами, которые проявляются и формируются в граничных слоях взаимодействия элементов триботехнической системы. В той же ситуации индивидуальные свойства (такие как твердость и т.п.) не могут однозначно охарактеризовать работоспособность сопряжения, так как эти свойства влияют на процессы в трибоконтакте опосредовано через взаимодействие элементов.

Список литературы

1. Беркович И. И., Громаковский Д. Г. Трибология. Физические основы, механика и технические приложения: Учебник для вузов / Под ред. Громаковского Д. Г. – Самар. гос. техн. ун-т. – Самара, 2000. – 268 с.
2. Гаркунов Д. Н. Триботехника. – М.: Машиностроение, 1985. – 424 с.
3. Костецкий Б. И. Структурно-энергетическая приспособляемость материалов при трении // Трение и износ. – 1985. – Т. 6. – № 2. – С. 201–212.

4. Лебедева А. П., Погорелова Т. Н. Справочник. Восстановление деталей машин. – М.: Наука, 2003. – 672 с.

5. Справочник по триботехнике. / Под общ. ред. М. Хебды, А. В. Чичинадзе. – Т. I – Теоретические основы. – М.: Машиностроение, 1989. – 400 с.

Рецензенты:

Котиков Ю. Г., д-р техн. наук, профессор, преподаватель кафедры «Транспортных систем» ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», г. Санкт-Петербург.

Евтюков С. А., д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Наземных транспортно-технологических машин» ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», г. Санкт-Петербург.