**ТРИБОЛОГИЯ И ЕЕ РАЗВИТИЕ**

**Краткая историческая справка**

Слово трибология произошло от греческого *tribos* – трение. Этот термин появился в 1966 году в Великобритании в результате работ над проблемами трения и изнашивания под руководством профессора *П. Джоста*.

**Трибология** – наука, изучающая вопросы, связанные с трением, изнашиванием и смазкой поверхностей при их относительном перемещении.

Вопросами трения занимались люди с древних времен.

Ценный вклад в изучение трения в XV *веке внес Леонардо да Винчи (1452–1519)*. Он обосновал невозможность создания вечного двигателя, одной из причин которой считал трение. Леонардо да Винчи впервые ввел понятие коэффициента трения как отношение силы трения к нормальной нагрузке; показал, что сила трения зависит от материала трущихся поверхностей, качества их обработки; изобрел роликовый и шариковый подшипники. Итальянский ученый изобрел первый трибометр, разработал состав легкоплавкого сплава для поверхностей трения. Работы Леонардо базировались на механической теории, согласно которой предполагалось, что при трении происходит механическое зацепление неровностей поверхности. Открытия Леонардо не нашли применения в свое время, были забыты и вновь открыты другими учеными спустя столетия.

Формирование науки о трении началось под влиянием запросов практики. В работах *Г. Галилея, И. Ньютона,* Амонтона, Ш. Кулона, Л. Эйлера, М. В. Ломоносова, Д. И. Менделеева, Н. Е. Жуковского, Н. П. Петрова, О. Рейнольдса и других ученых в XX веке были установлены основные закономерности трибологии.

Систематические исследования трибологических вопросов начались с 20-х годов XX столетия. П. А. Ребиндером был открыт эффект адсорбционного понижения прочности, позднее на основе исследования межмолекулярного взаимодействия Б. В. Дерягиным была предложена теория трения. Дальнейшие исследования механизмов трения позволили И. В. Крагельскому практически одновременно с английскими исследователями Ф. Боуденом и Д. Тейбором сформулировать адгезионно-деформационную теорию трения, которая определила дальнейшее развитие трибологии.

В тоже время начали свои работы по исследованию граничного трения А. С. Ахматов и В. Гарди, а М. М. Хрущевым заложены основы исследования абразивного изнашивания.

Исследования в области трения, смазки и изнашивания машин получили особое развитие, начиная с 50-х годов XX столетия в связи с созданием мощных технических средств и повышением в них рабочих скоростей, нагрузок и температур. Однако опыт по разработке трибосопряжений, накопленный в машиностроении за весь период его развития, относится главным образом к земным условиям.

Совершенно иными являются, например, условия работы космических объектов, характеризуемые высоким и сверхвысоким вакуумом, интенсивным воздействием различных излучений, необычайными тепловыми условиями и, наконец, невесомостью.

Специфичны также условия, возникающие при работе технических устройств в атомной промышленности (интенсивное жесткое облучение и высокие температуры), энергомашиностроении (высокие температуры и химически активные среды), криогенной технике (сверхнизкие температуры), магнитных устройствах для хранения информации.

К 60-м годам трибология сформировалась как единая научная дисциплина, имеющая самостоятельные области исследования, такие как контактная механика трения, материаловедение, теория смазки, контактная гидродинамика, теория изнашивания.

В наше время школа трибологов насчитывает десятки известных во всем мире имен и среди них: В.А. Балакин, Н.А. Буше, И.А. Буяновский, В.Н. Виноградов, Д.Н. Гаркунов, И.Г. Горячева, Н.Б. Демкин, Ю.Н. Дроздов, Ю.А. Евдокимов, СП. Козырев, В.И. Колесников, А.С Кужаров, Н.М. Михин, Р.М. Матвеевский, Н.К. Мышкин, В.Г. Павлов, А.С Проников, СБ. Ратнер, Э.В. Рыжов, А.А. Силин, Г.М. Сорокин, А.И. Свириденок, А.П. Семенов, М.Б. Ткачев, А.В. Чичинадзе, а также зарубежными учеными: К. Ахо, Р.Л. Байер, Ф. Боуден, К. Лудема, Д. Мур, Г. Польцер, О. Рейнольде, Г. Соломон, Д. Тейбор, М. Хебда, Г. Фляйшер и другие.

**Разделы трибологии**

*Трибология*, как наука, имеет научно-технические разделы, в настоящее время основные направления в области трибологии следующие:

*Трибоанализ* – основной раздел трибологии. Накопление и систематизация научной информации о фундаментальных закономерностях фрикционных процессов, а также построение моделей этих процессов.

*Трибоматериаловедение* – исследование строения и свойств триботехнических материалов. Изучает связь между составом, строением, свойствами и закономерностями поведения материалов, а также их изменениями при трении и изнашивании. Трибоматериаловедение служит связующим звеном между трибоанализом и триботехникой с триботехнологией.

*Триботехнология* – изучение процессов формообразования деталей и разработка технологических процессов получения требуемых триботехнических характеристик поверхностей трения.

*Трибометрия* – раздел трибологии о методах испытаний и средствах измерения основных параметров фрикционного контакта.

*Трибодиагностика* – раздел трибологии о совокупности методов и средств непрерывного контроля состояния фрикционных параметров деталей и узлов машин.

*Триботехника* – конечная стадия процесса создания узлов трения, аккумулирующая новейшие достижения трибоанализа, трибоматериаловедения, триботехнологии. Принципы триботехники реализуются в методах расчета и конструирования узлов трения.

*Трибоинформатика* – раздел трибологии о закономерностях получения трибологической информации, ее преобразования, хранения и передачи для использования в науке, образовании и производстве.

В последние годы в трибологии получили развитие новые разделы: трибохимия, трибофизика, трибомеханика и трибобиомеханика.

*Трибохимия* – изучает воздействие контактирующих поверхностей с химически активной средой. Она исследует проблемы коррозии при трении, химические основы избирательного переноса и взаимодействие на поверхность деталей химически активных веществ, образующихся при трении вследствие деструкции полимеров или смазочного материала.

*Трибофизика* – это направление современной физики, изучающее процессы и явления, происходящие в реальных системах тел, где тела контактируют друг с другом в условиях взаимного перемещения.

*Трибомеханика* – изучает механику взаимодействия контактирующих поверхностей при трении. Она рассматривает законы рассеяния энергии, импульса, а также механическое подобие, релаксационные колебания при трении, реверсивное трение, уравнения гидродинамики и др. применительно к задачам трения, изнашивания и смазывания.

Трибобиомеханика – изучает механику биологических систем при контактном их взаимодействии при трении.

**Основные понятия и определения**

Более 98 терминов, относящихся к трению и износу, стандартизированы и рассматриваются в ГОСТ 27674-88. К числу этих терминов относятся:

*– внешнее трение* – сопротивление относительному перемещению, возникающее между двумя телами в зонах соприкосновения поверхностей по касательным к ним, сопровождаемое диссипацией энергии;

*– сила трения* – сила сопротивления при относительном перемещении одного тела по поверхности другого под действием внешней силы, направленной по касательной к общей границе между этими телами;

*– коэффициент трения* – отношение силы трения между двумя телами к нормальной силе, прижимающей эти тела друг к другу;

*– изнашивание* – процесс разрушения и отделения материала с поверхности твердого тела и (или) накопления его остаточной деформации при трении, проявляющейся в постепенном изменении размеров и формы тела;

*– износ* – результат процесса изнашивания, определяемый в установленных единицах (длины, объема, массы и т. д.);

*– износостойкость* – свойство материала детали оказывать сопротивление изнашиванию в определенных условиях трения, обратной скорости изнашивания или интенсивности изнашивания;

– *интенсивность изнашивания* – отношение значения износа к обусловленному пути, на котором происходило изнашивание, или объему выполненной работы;

*– смазочный материал* – материал, вводимый на поверхности трения для уменьшения силы трения и (или) интенсивности изнашивания;

*– смазка* – действие смазочного материала, в результате которого между двумя поверхностями уменьшается сила трения и (или) интенсивность изнашивания.

**Роль трения в технике.**

*Трение* – удивительный феномен природы [38]. Оно подарило человечеству тепло и огонь, возможность в короткое время остановить скоростной поезд и автомобиль, ускорить химическую реакцию, записать человеческий голос на пластинку, услышать звуки скрипки и многое другое.

При трении одновременно происходят механические, электрические, тепловые, физические и химические процессы. Трение может упрочнить или разупрочнить металл, повысить или уменьшить в нем содержание углерода, насытить металл водородом или обезводородить его, превратить золото, платину в оксиды, отполировать детали и сварить их.

Легче всего судить о трении как о *вредном явлении*, на борьбу с которым, по некоторым оценкам, уходит от одной трети до половины энергетических ресурсов в мире [29]. Во многих случаях необходимо учитывать также то, что указанная энергия не просто теряется, а превращается в тепло, которое, скапливаясь в машине или приборе, нагревает их, создавая угрозу отказа.

Большие материальные потери народное хозяйство терпит от повышенного трения *в узлах машин*. Известно, что более половины топлива, потребляемого автомобилями, тепловозами и другими видами транспорта, расходуется на преодоление сопротивления, создаваемого трением в подвижных сочленениях. Низкие значения коэффициента полезного действия (КПД) многих машин обусловлены главным образом большими потерями на трение.

С трением связана еще одна из самых острых проблем современности – *износ* машин и механизмов. Наиболее распространенной причиной выхода деталей и рабочих органов машин из строя является не поломка, а износ или повреждение рабочих поверхностей. Действуя постепенно и почти незаметно для глаза, изнашивание приводит машину или прибор к такому состоянию, что дальнейшее их использование становится нерациональным или даже опасным.

Особенно велик износ деталей и рабочих органов машин, которые эксплуатируются в абразивных и агрессивных средах. Одной из главных причин износовых отказов является износ подвижных сопряжений машин – *трибосопряжений*.

**Трибосопряжение** (ТС) – две функционально связанные детали (вал–втулка, два зубчатых колеса и др.).

Затраты на ремонт и техническое обслуживание машины в несколько раз превышают ее стоимость: для автомобилей в 6 раз; для самолетов до 5 раз; для металлорежущих станков до 8 раз.

Потери средств в промышленности развитых стран вследствие трения и сопутствующего износа машин и механизмов составляют 4–5% и более процентов национального дохода.

Значительно менее заметна, хотя и чрезвычайно важна, *полезная роль* трения. Моделью такой ситуации является гололед. Небольшой морозец после оттепели или дождя приводит к неожиданным последствиям из-за того, что трение лишь частично исчезло. Еще более неприятен и опасен для водителей отказ тормозов, в котором трение играет полезную роль.

Одной из важнейших *проблем* трибологии является проблема повышения износостойкости конструкционных материалов, составляющих трибосопряжения и узлы трения, именно поэтому наряду с улучшением антифрикционных характеристик, снижение износа относится к приоритетным инженерным задачам.

Методы расчетов на износостойкость пока еще несовершенны и порой для многих деталей отсутствуют.

Концепции конструирования в современной технике часто требуют, чтобы проектируемый материал сочетал в себе противоречивые свойства, например, высокий коэффициент трения и низкую интенсивность изнашивания, высокую механическую прочность и значительную податливость, высокую прочность при низкой плотности и т.п. Для систем, работающих в экстремальных условиях необходимы материалы с особыми свойствами (коррозионно-, температурно-, радиационноустойчивые).

В настоящее время стало очевидным, что вопросы повышения износостойкости деталей трибосопряжений должны проводиться в тесной кооперации конструкторских, технологических и триботехнических решений.