

УДК (15).002; 620.2(15)

Н.К. Мышкин, А.Я. Григорьев, В.Г. Кудрицкий, А.П. Зозуля

НАЗЕМНЫЕ И БОРТОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ МАТЕРИАЛОВ НА ТРЕНИЕ В КОСМОСЕ

Рассматриваются вопросы аппаратно-методического обеспечения космических и наземных испытаний материалов на трение и износ. Приводятся основные характеристики используемого в эксперименте триботехнического оборудования. Описывается метод оценки и подбора эквивалентных условий проведения космических и наземных испытаний. Предложенный подход заключается в сравнении результатов бортовых и наземных исследований в многомерном пространстве признаков. Входные и выходные параметры каждого эксперимента интерпретируются как координаты некоторой точки, представляющей состояние сравниваемых трибосистем в многомерном пространстве признаков. Анализ расстояний между соответствующими точками позволил решить задачу подбора эквивалентных условий проведения наземных испытаний и осуществить прогностическую оценку неконтролируемых в ходе космического эксперимента параметров.

Введение

Дальнейшее освоение околоземного пространства не может быть обеспечено только наращиванием числа и частоты вывода на орбиту объектов космической техники даже при использовании перспективных средств их доставки. Успешное решение данной задачи неразрывно связано с увеличением надежности и ресурса орбитальных аппаратов. В связи с этим основные направления развития космической техники следующего поколения предусматривают значительное увеличение сроков ее эксплуатации. Одной из задач, возникающих при реализации данного требования, является обеспечение необходимого ресурса работы узлов трения, работающих в открытом космосе.

По условиям эксплуатации многие узлы трения орбитальной техники: зубчатые передачи и подшипники антенных платформ, петли люков, приводы различных механизмов, резьбовые соединения, замковые механизмы, контактные уплотнения – работают вне герметизированных отсеков. Трение в этих узлах происходит при воздействии целого ряда неблагоприятных факторов космического пространства (ФКП), к главным из которых относят отсутствие окислительной среды и паров воды, значительные перепады температуры (170–420 К), ионизирующее и ультрафиолетовое излучение, пучки ионов и тяжелых частиц. В таких условиях механизмы трения и изнашивания существенно отличаются от наземных, что не позволяет использовать традиционные (наземные) решения для обеспечения требуемых характеристик и параметров надежности узлов трения.

С момента первых запусков космических аппаратов этой проблеме уделялось самое пристальное внимание. Однако в наземных условиях невозможно провести адекватные по совокупности действующих ФКП испытания триботехнических материалов: во-первых, очень трудно подобрать условия испытаний, идентичные условиям эксплуатации, и, во-вторых, не все ФКП известны и могут быть воспроизведены. По этим причинам невозможно обойтись без проведения натуральных исследований.

Первый и пока единственный эксперимент по исследованию трения и изнашивания материалов в открытом космосе был проведен в ходе выполнения научной программы «Луна-4» (1974 г.). Для его реализации на НПО им. С. А. Лавочкина был создан прибор – имитатор трения, который впоследствии был установлен снаружи космического аппарата «Луна-24», выведенного на орбиту Луны [1]. С помощью этого прибора был решен ряд наиболее актуальных задач космического трибоматериаловедения [2]. Тем не менее, работа многих объектов космической техники сопровождалась целым рядом отказов и поломок узлов трения. Все это позволяет говорить о том, что, несмотря на значительные результаты, полученные при проведении исследований как на орбите, так и в наземных лабораториях, существуют определенные пробелы в современных представлениях о процессах трения и изнашивания в космосе.

Новые возможности в этой области открылись с началом эксплуатации международной космической станции (МКС). В настоящее время в рамках программы «Космос-СГ» планируется проведение на МКС испытаний перспективных антифрикционных и износостойких материалов космической техники. Постановка этого эксперимента предусматривает решение целого комплекса задач, включающего создание испытательной аппаратуры, разработку новых материалов, наземных и бортовых методик проведения испытаний [3, 4].

Планируемый эксперимент отличает значительное расширение исследовательской программы по сравнению с предшествующими подобными испытаниями. Тем не менее, бортовые испытания ограничены как по времени, так и по числу регистрируемых параметров. Поэтому для увеличения объема информации предусматривается проведение серии имитационных наземных экспериментов с расширенной исследовательской программой. По ряду объективных причин, а также в силу того, что не все факторы космического пространства известны или могут быть промоделированы, имитационные испытания следует считать некоторым приближением бортовых. Поэтому достижение поставленных целей невозможно без решения задачи оценки эквивалентности бортовых и наземных экспериментов.

1. Схема эксперимента и постановка задачи

В общем случае проведение триботехнических испытаний материалов заключается в измерении коэффициентов (сил) трения, возникающих при относительном движении контактирующих образцов, и определении их износа. Исследования проводятся в заданных условиях, включающих скорость скольжения, нагрузку и параметры среды (температуру, давление, влажность и т. п.). Получаемые результаты обычно представляются в виде зависимостей коэффициента трения и износа образцов от пути (времени) трения. В совокупности с условиями испытаний эти данные позволяют обоснованно выбирать материалы проектируемых узлов трения, определять потери мощности в них и прогнозировать ресурс работы.

В триботехнике используются различные схемы проведения испытаний, отличающиеся геометрией контактирующих образцов и кинематикой их взаимного движения. Выбор той или иной схемы определяется конструктивными и эксплуатационными параметрами узлов трения, в которых планируется использовать испытываемые материалы. Обычно получение полного набора триботехнических характеристик требует проведения испытаний по различным схемам в широком диапазоне нагрузочно-скоростных параметров. К сожалению, при проведении космического эксперимента реализовать полнофакторные исследования невозможно. По этой причине при проектировании испытательного оборудования был использован ряд технических решений, существенно расширяющих его возможности по сравнению с традиционными наземными приборами.

Разработанные для реализации космического эксперимента приборы предназначены для проведения испытаний по двум геометрическим схемам контактирования образцов: «диск – палец (индентор)» и «вал – конформный вкладыш» (рис. 1, *а*, *б*). Как показал проведенный анализ, эти две схемы позволяют осуществлять моделирование большинства используемых в настоящее время узлов трения космической техники. Оба прибора имеют общую схему компоновки и близкие массогабаритные характеристики.

На рис. 1, *в* приведена схема прибора (трибометра) для испытаний по схеме «диск – палец». Исследуемый материал изготавливается в виде диска 1 или наносится в виде покрытия на него. С каждой стороны к диску прижимаются по три индентора 2, которые имеют плоскую или сферическую форму торцов. Требуемая нагрузка P создается упругими элементами 3, попарно соединяющими инденторы, которые расположены на противоположных сторонах диска. Каждая пара инденторов находится на разных расстояниях от центра диска r . Значения нормальной нагрузки и возникающих при вращении диска сил трения регистрируются тензометрическими балками 4. Вращение диска 2 осуществляется двигателем 5.

Основной особенностью разработанных приборов является использование в них синхронного безколлекторного двигателя с возбуждением от редкоземельных постоянных магнитов и цифровым управлением, созданного в Конструкторском бюро точного электронного машиностроения–сборочного оборудования и Объединенном институте машиностроения Националь-

ной академии наук Беларуси. Преимуществом данного типа привода является возможность реализации с его помощью нескольких схем и методик триботехнических испытаний, осуществление которых обычно требует применения различных по своей конструкции приборов. Привод обеспечивает работу прибора в условиях действия ФКП при температурах от 170 до 420 К и вакууме до 0,01 Па.

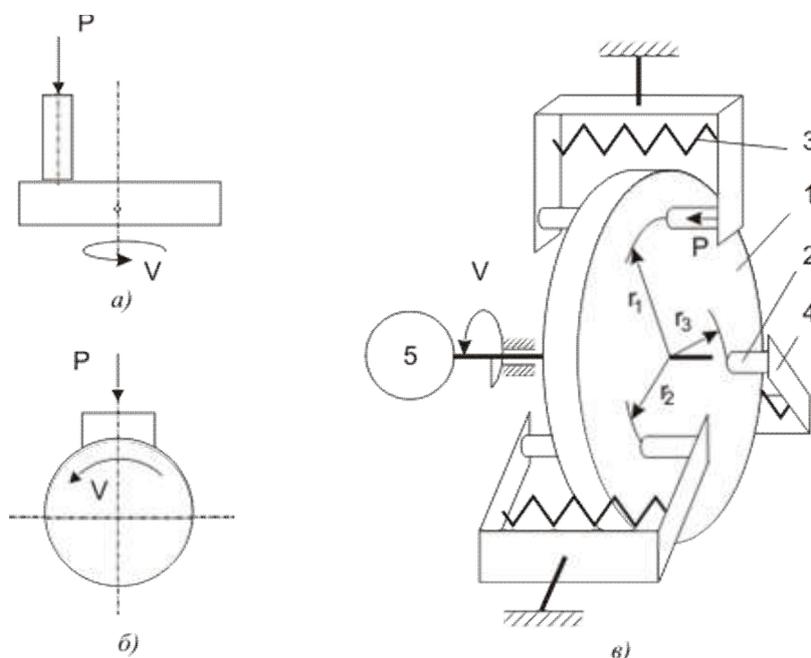


Рис. 1. Схемы испытаний материалов на трение и износ, используемые в космическом эксперименте:
 а) «диск – палец (индентор)»; б) «вал – конформный вкладыш»; в) кинематическая схема бортового трибометра

При проведении испытаний управляемыми параметрами являются: нагрузка P , угловая скорость вращения ω , угловая координата перемещений φ , закономерность изменения ω и φ во времени t . В процессе проведения испытаний осуществляется контроль следующих характеристик:

- коэффициентов трения f при взаимодействии каждого из инденторов 2 с диском 1;
- температуры в приконтактной области каждого из инденторов T, K ;
- износа каждого индентора $h, \text{мм}$;
- фрикционной теплостойкости материалов исследуемой пары трения, оцениваемой как их способность сохранять значения коэффициентов трения и износостойкости постоянными.

По результатам исследований оцениваются фрикционные свойства (f), теплостойкость ($f(T)$ и $h(T)$) и износостойкость ($I = h/t$) материалов пар трения при следующих режимах взаимодействия трущихся поверхностей:

- движению в режиме однонаправленного вращения с постоянной скоростью скольжения $\omega = \text{const}$;
- однонаправленном вращении с угловой скоростью, изменяемой во времени по предварительно заданному закону $\omega = \omega(t)$;
- вращательном знакопеременном изменении угловой скорости по заданному закону $\omega = \pm \omega(t)$.

Поскольку инденторы расположены на разных расстояниях от центра вращения диска 1 и к каждому из них может быть приложена различная нагрузка, то один эксперимент позволяет получить данные при трех различных значениях P и скоростях V для шести видов пар трения.

Для постановки космического эксперимента по исследованию перспективных материалов узлов трения разработаны и изготовлены приборы двух типов – бортовые и наземные (рис. 2).

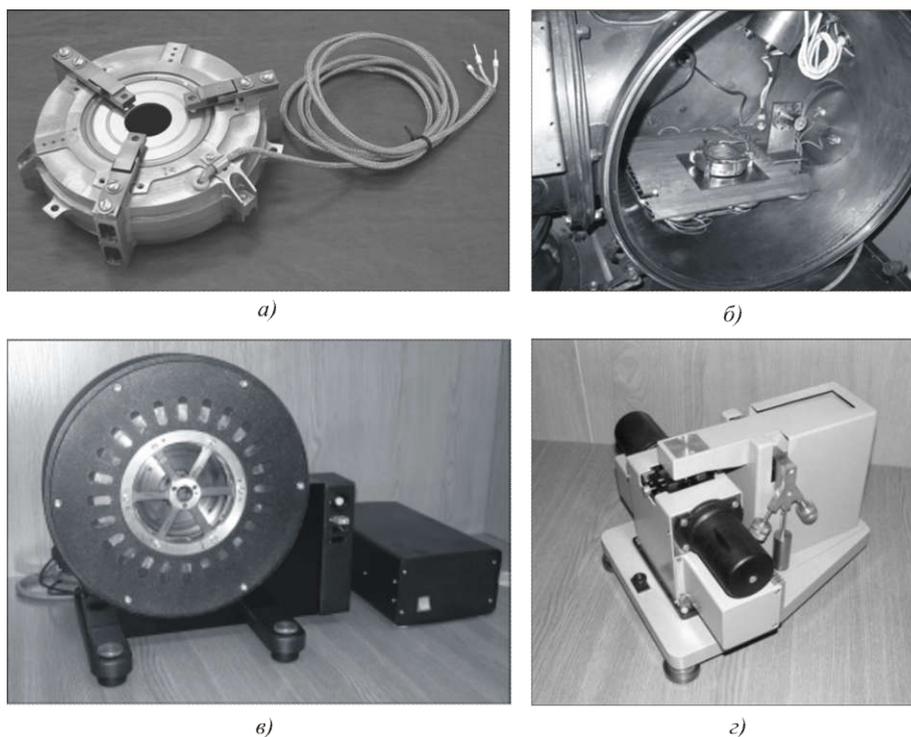


Рис. 2. Оборудование для проведения испытаний материалов на трение и износ: а) бортовой трибометр; б) трибометр для имитационных криовакуумных испытаний; в) кинематический аналог бортового трибометра для проведения испытаний в наземных условиях; г) наземный трибометр для испытаний в диапазоне микронагрузок

Бортовой трибометр (рис. 2, а) в ходе испытаний располагается на наружной технологической площадке МКС. Данные об испытаниях передаются на Землю в режиме реального времени по телеметрическим каналам. Предусматривается, что в ходе эксперимента экипаж МКС периодически будет менять материалы и режимы испытаний.

Наземные испытания проводятся по двум схемам. Первая схема основана на максимальном приближении к условиям работы бортового трибометра – это так называемые имитационные испытания в криовакуумной камере на идентичном бортовому приборе (рис. 2, б), вторая предполагает проведение исследований в нормальных наземных условиях с помощью кинематического аналога бортового трибометра (рис. 2, в) и микротрибометра (рис. 2, г), работающего в диапазоне нагрузок от 10 мН до 1 Н и скоростях скольжения 0,1 – 10 мм/с. Целью проведения наземных исследований является:

- расширение параметрической базы эксперимента, т. е. дополнение результатов космического эксперимента данными, полученными в ходе наземных испытаний;
- оценка влияния факторов космического пространства на триботехнические характеристики антифрикционных и износостойких материалов.

В соответствии с общей схемой (рис. 3) наземный эксперимент проводится по расширенной программе в условиях, идентичных бортовым испытаниям и наземным лабораторным. Расширенная программа предусматривает реализацию полнофакторного эксперимента (при всех возможных нагрузочно-скоростных режимах), регистрацию целого ряда дополнительных параметров (измерение раздельного износа диска и инденторов, трибоакустической эмиссии, работы выхода электронов и др.) и проведение постэкспериментальных исследований образцов, включающих изучение морфологии частиц износа и следов трения, микрорентгеноспектрального и рентгеноструктурного анализа и многих других современных методов изучения поверхностных слоев твердых тел.

При эквивалентности условий проведения наземных и бортовых испытаний данная схема исследований позволяет расширить параметрическую базу космического эксперимента, однако обеспечение такой эквивалентности подразумевает моделирование действия ФКП, контроль которых в полном объеме в ходе бортовых испытаний по техническим причинам невозможен. Таким образом, возникает задача обеспечения параметрической эквивалентности наземного

эксперимента в условиях неполной информации об условиях проведения бортовых испытаний. Помимо обеспечения эквивалентности бортовых и имитационных наземных испытаний, это позволит изучить влияние ФКП на механизмы трения и изнашивания, что в перспективе обеспечит создание материалов узлов космической техники с заданными свойствами и ресурсом работы на основе исследований в наземных лабораториях.

Для решения данной задачи предлагается проводить косвенную оценку параметров ФКП по результатам рассогласования имитационных и натуральных испытаний.

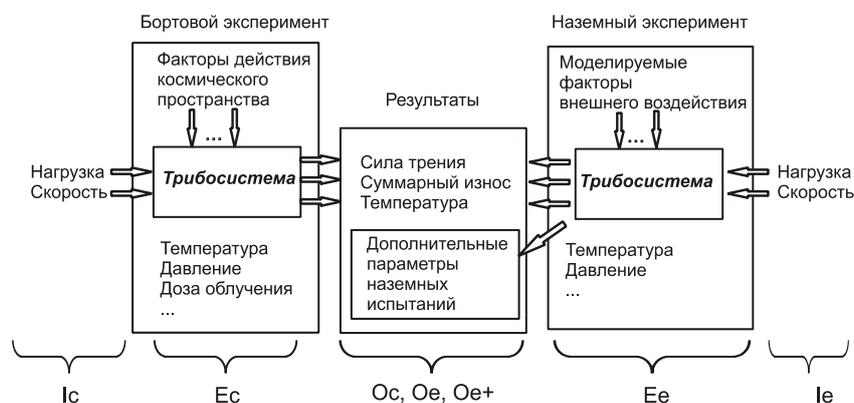


Рис. 3. Схема космического эксперимента по исследованию триботехнических свойств материалов: I_c, I_e – задаваемые параметры испытаний; E_c, E_e – внешние факторы воздействия; O_c, O_e, O_e^+ – измеряемые параметры. Символы «с», «е» обозначают бортовой и наземный эксперименты соответственно

2. Методика оценки эквивалентности трибосистем

Поставленная задача соответствует проблемам, решаемым методами теории идентификации и анализа систем [5]. В рамках этого подхода состояние системы представляется вектором S_i , включающим совокупность всех входных и выходных параметров.

Удобным способом представления состояния систем является интерпретация элементов вектора S_i как координат некоторой точки в многомерном пространстве соответствующей размерности (рис. 4). Каждая такая точка соответствует определенному состоянию трибосистемы в процессе испытаний.

В таком представлении задача определения сходства систем в некоторый момент сводится к оценке расстояния ρ между соответствующими точками их состояний:

$$\rho_e(S_1, S_2) = \left[\sum_{i=1}^n (S_{1,i} - S_{2,i})^2 \right]^{1/2}, \quad (1)$$

где n – число параметров, которым описывается состояние системы. Чем меньше расстояние между точками, тем больше сходство систем в рассматриваемых состояниях, и наоборот.

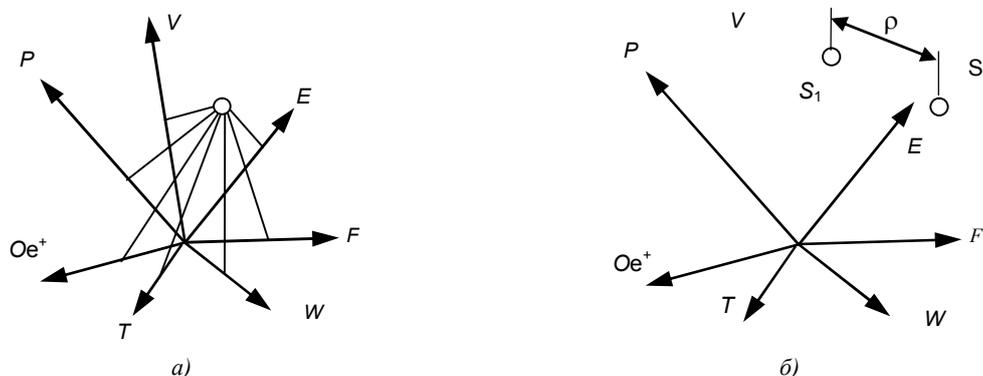


Рис. 4. Представление состояния трибосистемы в многомерном пространстве признаков: а) мгновенное состояние трибосистемы; б) определение параметрического сходства систем: P – нагрузка, V – скорость, E – факторы внешнего воздействия, F – сила трения, W – износ, T – температура, Oe^+ – дополнительные параметры

При равенстве числа входных параметров и внешних факторов воздействия проблемы проверки эквивалентности сравниваемых систем решаются сравнительно легко. При этом если один из экспериментов избыточен по выходным параметрам, его результаты справедливы и для другой системы. К сожалению, внешние параметры бортового эксперимента невозможно определить точно, кроме того, в отношении некоторых из них можно делать лишь предположения, как об их наличии, так и о степени влияния (например, облучение тяжелыми частицами). Таким образом, с одной стороны, наземный эксперимент характеризуется рядом контролируемых параметров, а бортовые испытания – неопределенным числом действующих факторов космического пространства. Это приводит к тому, что сравниваемые эксперименты заданы не в одном, а в двух пересекающихся пространствах признаков. В данном случае использование меры сходства, основанной на расстоянии, некорректно.

Для решения возникшей проблемы предложено использовать методику снижения размерности признаков пространств с привязкой к осям контролируемых в обоих случаях параметров экспериментов. Эта операция равносильна определению некоторого нового пространства признаков сниженной размерности, на которое происходит проецирование точек состояний анализируемых систем.

Анализ существующих методов реализации данного подхода показывает, что в наибольшей степени для этих целей подходит метрический метод Крускала [6, 7], преимущество которого заключается в том, что он является метрическим и не изменяет топологическую структуру произвольно расположенной в нем совокупности точек, т. е. в редуцированном пространстве признаков сохраняются все функциональные зависимости между отдельными моментами состояний систем. Общая схема предлагаемого подхода показана на рис. 5.

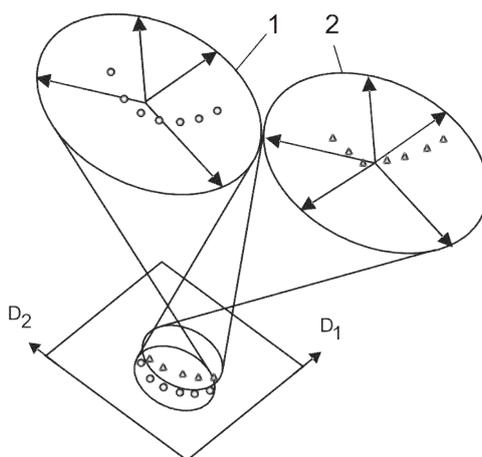


Рис. 5. Схема определения общего редуцированного пространства состояний бортовой (1) и наземной (2) трибосистем

Для выполнения отображения из многомерного пространства состояний на плоскость по методу Крускала решается система из $2m!/(2m-2)!$ уравнений следующего вида:

$$(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 = \rho_{i,j}^2; \quad i = (1 \dots m-1), \quad j = (i+1 \dots m), \quad (2)$$

где x, y – координаты точек анализируемой системы с m состояниями; $\rho_{i,j}$ – расстояние между i и j точками состояний.

Поскольку число неизвестных в системе (2) больше числа уравнений, ее решение осуществляется приближенными методами путем минимизации рассогласования расстояний между точками в многомерном и результирующем пространствах. В качестве оценки рассогласования целесообразно использовать функцию

$$\psi = \sum_{k=1}^{m-1} \sum_{l=k+1}^m (\rho_{kl}^{(0)} - \rho_{kl})^2, \quad (3)$$

где $\rho_{kl}^{(0)}, \rho_{kl}$ – расстояния между точками состояний системы в исходном многомерном пространстве состояний и на двухмерной плоскости соответственно. Как показали предварительные исследования, удовлетворительные результаты получаются, если ψ не превышает 20 % от максимального расстояния между точками системы в исходном пространстве.

Размерность осей полученного пространства можно определить множественной регрессией на них координат точек состояний. В простейшем случае можно ограничиться линейно-степенными моделями вида

$$D_j = a_0 + \sum_i a_i S_i \quad \{j = 1, 2\}, \quad (4)$$

где $i = 1, \dots, n; j = 1, 2; s_i = S_i / S_{\max}$.

Для реализации предлагаемой методики на первом шаге производится отображение пространства состояний наземной системы, имеющей большее количество контролируемых параметров. Далее с помощью уравнений осей полученного двухмерного пространства в нее производится проецирование состояний бортовой системы. При этом не измеряемые в ходе бортового эксперимента параметры принимаются равными значениям наземного. В результате выполнения этих операций на двухмерной плоскости получают два набора точек, соответствующие одинаковым моментам состояний анализируемых систем. Очевидно, что если расстояние между одинаковыми по времени моментами состояния систем равно нулю, то можно говорить о параметрической эквивалентности наземного и бортового экспериментов в рассматриваемый момент времени. Если же точки не совпадают, то при равенстве управляющих параметров наблюдаемое несовпадение может объясняться неодинаковыми условиями проведения экспериментов. В этом случае подбор условий наземного эксперимента, эквивалентных бортовому, осуществляется решением уравнения

$$\rho_{1,2}(s^{(1)}, s^{(2)}) = 0, \quad (5)$$

где $\rho_{1,2}$ – расстояние между точками анализируемых систем в одинаковые моменты времени; $s^{(1)}, s^{(2)}$ – параметры бортовой и наземной системы; $s_i^{(2)}$ – оцениваемый элемент вектора $s^{(2)}$ наземной системы. Решение может производиться последовательным выдвижением гипотез относительно различных параметров. Очевидно, что искомое решение возможно при изменении различных параметров или их некоторого набора. Как показали предварительные исследования, разумным критерием выбора наиболее вероятного параметра является чувствительность решения уравнения (5) к изменениям анализируемого параметра. Это может быть выполнено путем оценки величины

$$\Delta\rho = |\rho_1 - \rho_2|, \quad (6)$$

где ρ_1, ρ_2 – расстояния между сравниваемыми системами в исходном состоянии и при $s_i^{(1)} = s_i^{(2)} = 0$ соответственно. Однако в любом случае полученные оценки необходимо верифицировать проведением соответствующих лабораторных наземных испытаний. При необходимости оценки влияния комплекса параметров на эквивалентность условий испытаний целесообразно использовать методы факторного планирования экспериментов по выбранной совокупности s_i [8].

3. Апробация методики на модельных данных

Поставим задачу определения параметрической эквивалентности нормированных s_i параметров модельных наземного и бортового экспериментов. Представленные зависимости несколько отличаются на участке приработки пары трения (рис. 6, а). Необходимо выявить возможные причины наблюдаемого расхождения.

При бортовом эксперименте неизвестна температура внутри трибометра; кроме того, температура в приконтактной зоне в начале бортового эксперимента несколько выше, чем наземного. Исходя из этого проверялось предположение о влиянии начальной температуры бортового трибометра на результаты эксперимента (табл.).

Таблица

Модельные параметры бортового и наземного испытаний на трение и износ, отн. ед.

Время	Бортовой эксперимент			Наземный эксперимент			
	Сила трения	Линейный износ	Температура образца	Сила трения	Линейный износ	Температура образца	Температура внутри трибометра
0,00	1,00	0,00	0,00	0,90	0,00	0,00	0,00
0,11	0,68	0,57	0,43	0,59	0,51	0,38	0,87
0,24	0,53	0,85	0,77	0,57	0,75	0,77	0,95
0,36	0,51	0,925	0,92	0,53	0,81	0,94	0,99
0,48	0,51	0,935	0,95	0,49	0,89	0,96	0,99
0,62	0,52	0,94	0,98	0,51	0,92	0,99	0,98
0,75	0,53	0,96	0,98	0,52	0,93	1,00	0,97
0,88	0,53	0,97	1,00	0,51	0,94	1,00	0,98
1,00	0,52	1,00	0,99	0,51	0,95	1,00	0,99

На рис. 6, б показано совместное редуцированное параметрическое пространство состояний наземной и бортовой трибосистем. Видно значительное расхождение между состояниями систем в начале эксперимента.

Далее, выбрав точки, расположенные на расстоянии $\rho_{1,2}$, решаем следующее уравнение относительно температуры бортовых испытаний:

$$\left((D_1^{(1)} - D_1^{(2)})^2 + (D_2^{(1)} - D_2^{(2)})^2 \right)^{1/2} = 0, \quad (7)$$

где D – уравнения координат редуцированного пространства состояний наземной системы вида (4) в точке, соответствующей расстоянию $\rho_{1,2}$ (рис. 6, б); T_c – температура внутри бортового трибометра.

Полученное значение $T_c = 1,036 T_e$ свидетельствует, что температура окружающей среды при бортовых испытаниях была несколько выше, чем при наземных. Такой результат можно интерпретировать как возможный действующий фактор. Для проверки этого необходимо скорректировать условия наземных испытаний (повысить температуру в имитационной камере) и провести эксперимент еще раз.

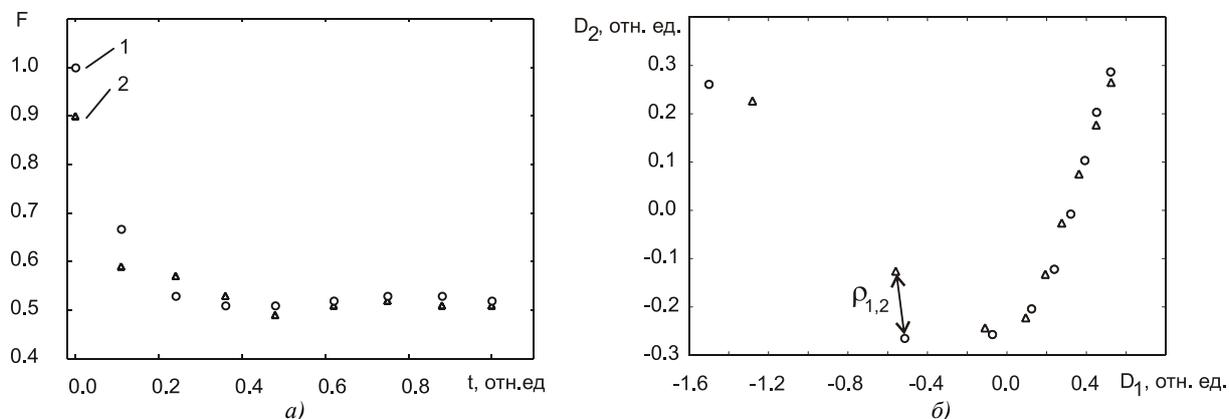


Рис. 6. Результаты эксперимента на трение и износ: а) зависимость силы трения F (нормированное значение), регистрируемой при бортовых (1) и наземных (2) испытаниях; б) результат отображения состояния бортовой трибосистемы в редуцированное признаковое пространство D_1D_2 наземных испытаний

Заключение

Рассмотрены аппаратно-методические решения, обеспечивающие проведение эксперимента по исследованию перспективных для космической техники материалов на трение и износ в открытом космическом пространстве и наземных лабораториях. Предложена методика оценки и обеспечения параметрической эквивалентности бортовых и наземных триботехнических исследований, позволяющая решать следующие задачи:

- оценивать влияние различных факторов на результаты эксперимента;
- осуществлять подбор параметров эквивалентных условий наземных испытаний;
- корректно интерпретировать результаты по исследованию дополнительных параметров наземного эксперимента по отношению к бортовым испытаниям.

Разработанное оборудование и методики могут быть использованы для получения и анализа результатов натуральных испытаний различных технических объектов, работающих в условиях неполного определения параметров их функционирования, для решения задач экспертных исследований аварийных ситуаций и технической диагностики сложных систем.

Список литературы

1. Имитатор трения / Н.Е. Богорад [и др.] // Современные методы и средства измерения внешнего трения: сб. науч. тр. – М.: НИИ ФТРИ, 1977. – С. 8–10.
2. Ярош, В.М. Исследование материалов на трение и износ в открытом космическом пространстве и на орбите вокруг Луны / В.М. Ярош, А.А. Моисев, М.А. Броновец // Трение и износ. – 2003. – Т. 24. – № 6. – С. 626–635.
3. Мышкин, Н.К. Разработка оборудования для выполнения космического эксперимента «материал – трение» / Н.К. Мышкин, А.Я. Григорьев, М.А. Броновец // Материалы Второго Белорусского космического конгресса, 25–27 октября 2005 г., Минск. – Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2005. – С. 50–54.
4. Разработка материалов и покрытий для космической техники, экспериментального оборудования, методик и программного обеспечения для проведения триботехнических испытаний / Н.К. Мышкин [и др.] // Трение и износ. – 2004. – Спец. выпуск. – С. 4–27.
5. Льюнг, Л. Идентификация систем. Теория для пользователя / Л. Льюнг. – М.: Наука, 1991. – 427 с.
6. Togerson, W. Multidimensional scaling of similarity / W. Togerson // Psychometrika. – 1990. – Vol. 30. – P. 541–546.
7. Duran, B. Cluster analysis / B. Duran, P. Odell. – N.-Y.: Springer-Verlag, 1974. – 379 p.
8. Красовский, Г.И. Планирование эксперимента / Г.И. Красовский, Г.Ф. Филаретов. – Минск: Изд-во БГУ, 1982. – 302 с.

Поступила 19.04.07

*Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАН Беларуси,
Гомель, ул. Кирова, 32А
e-mail: aygri@tut.by,
nkmyskin@mail.ru,
vladukas@mail.ru*

N.K. Myshkin, A.Ya. Grigoriev, V.G. Kudrytski, A.P. Zazulia

GROUND-BASED AND ON-BOARD MATERIALS TESTING ON FRICTION AND WEAR IN SPACE

The problems of hardware and methodology support of ground-based and on-board materials testing on friction and wear are discussed. Main features of experimental equipment are presented. The

method of estimation and selection of equivalent conditions of space-born and ground-based tribotestings is considered. The character of the method is based on comparing the results of on-board and ground based experiments in multidimensional feature space. Input and output parameters of the experiments are interpreted as coordinates of a point, representing conditions of compared tribosystems in the multidimensional feature space. Analysis of distances between corresponding points allows us to solve the problem of selection of equivalence conditions of ground-based test and estimate uncontrolled parameters of space-born experiment.