

**Войтов В.А.,
Бекиров А.Ш.,
Войтов А.В.**

Харьковский национальный технический
университет с/х им. П.Василенко,
г. Харьков, Украина
E-mail: vavoitovva@gmail.com

ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ ИНЕРЦИОННОСТИ ТРИБОСИСТЕМ

УДК 621.891

DOI:10.31891/2079-1372-2018-90-4-6-13

Предложено определение инерционности трибосистемы, как свойство, измеряемое отрезком времени, по истечении которого трибосистема способна реагировать на изменение входного воздействия (изменения нагрузки, скорости скольжения, смазочной среды), осуществляя преобразование механической энергии деформации шероховатостей и материала поверхностных слоев в тепловую, рассеивая ее в окружающей среде, тем самым приспособливаясь (адаптируясь) к входным воздействиям, размерность – секунда. Данное свойство позволяет трибосистеме возвращаться в исходное устойчивое состояние после воздействия на нее внешних возмущений.

Теоретически обоснованы и экспериментально подтверждены критерии оценки инерционности трибосистем к изменению внешних воздействий. Установлено, что малые значения критерия T_1 связаны с быстрым выравниванием температур по всему объему трибоэлементов в процессе приработки, а малые значения критериев T_{2j} и T_{2f} – быстрой перестройке структуры поверхностных слоев и шероховатости поверхностей трения. Установлена взаимосвязь между значениями критериев инерционности и временем приработки. Показано, что для снижения времени приработки необходимо уменьшать значения T_1 и T_{2j} , T_{2f} , для этого необходимо уменьшать объемы трибоэлементов, повышать теплопроводность материалов и увеличивать скорость скольжения на завершающем этапе приработки.

Ключевые слова: трибосистема, моделирование, переходные процессы, приработка, инерционность трибосистемы, прирабатываемость трибосистемы, время приработки.

Актуальность проблемы

Исследования и моделирование процессов приработки трибосистем имеет целью уменьшить время выхода трибосистем на установившийся режим эксплуатации и одновременно снизить износ за приработку и энергетические затраты, которые оцениваются коэффициентом трения, за приработку. В процессе приработки формируются несущие поверхностные слои трибосистем, обеспечивая в дальнейшем максимальный ресурс и минимальные потери на трение.

Существует большое количество параметров и критериев оценки процесса приработки, основными из которых являются: время переходного процесса; износ за приработку; скорость изнашивания и коэффициент трения на установившемся режиме; максимальная эксплуатационная нагрузка и температура.

Перечисленные выше параметры позволяют проранжировать трибосистемы по способности прирабатываться, однако, не позволяют выбрать рациональный путь в процессе проектирования трибосистем. Для решения таких задач необходимы критерии оценки поведения трибосистем во время переходного процесса, которые бы учитывали: конструкцию трибосистемы (объемы материала подвижного и неподвижного трибоэлементов, а также коэффициенты теплопроводности этих материалов); скорость деформации в материалах трибоэлементов, а также глубину распространения деформации, которые зависят от нагрузки, скорости скольжения и модуля упругости материалов.

Исходя из вышеизложенного, в данной статье будут рассмотрены вопросы обоснования и выбора критериев оценки инерционности трибосистем, как свойства приспособливаться (адаптироваться) к изменению внешних условий в процессе работы.

Анализ публикаций, посвященных данной проблеме

Данная работа является продолжением работы [1], где обоснованы критерии оценки чувствительности трибосистем к изменению внешних воздействий в процессе приработки и критерии прирабатываемости. Согласно работе [1] физический смысл коэффициента K_1 – это реакция трибосистемы на внешнее входное воздействие (нагрузку, скорость скольжения, трибологические свойства смазочной среды), т.е. чувствительность трибосистемы. Чем больше значения коэффициента K_1 , тем сильнее реагирует трибосистема на изменение внешних воздействий, что выражается в забросе величины скорости изнашивания и коэффициента трения во время переходного процесса.

Коэффициент K_2 характеризует способность трибосистемы изменять шероховатость и структуру поверхностных слоев при изменении внешних условий. Чем больше значения коэффициента K_2 , тем лучше прирабатываемость трибосистемы, что выражается в уменьшении времени приработки.

Первыми работами, в которых рассматривались вопросы прирабатываемости трибосистем, были работы [2, 3], которые можно назвать фундаментальными. Авторами работ обоснован комплекс критериев прирабатываемости трибосистем, к которым относятся: предельно допустимый износ за приработку; стойкость к заеданию трибосистемы во время проведения приработки; фрикционная теплостойкость; несущая способность и долговечность по износу после завершения приработки.

В работах [4 - 6] делается вывод о связи прирабатываемости трибосистем и совместимости материалов в трибосистеме. В данных работах предлагается оценку совместимости материалов, а следовательно и прирабатываемости в узлах трения, выполнять по следующим количественным показателям: минимальная вероятность задира; минимальная интенсивность изнашивания; максимальная усталостная прочность и максимальная эффективность преобразования энергии.

Обобщающим документом, регламентирующим показатели приработки трибосистем, является стандарт [7]. Согласно данного стандарта приработку оценивают следующими показателями: износ за приработку; максимальная скорость изнашивания во время переходного процесса; установившаяся скорость изнашивания после завершения переходного процесса; критическая нагрузка заедания; температура; коэффициент трения; мощность трения; фрикционная теплостойкость.

Подводя итог анализу работ, посвященных процессам приработки, можно сделать вывод, что новизною данного исследования является обоснование критериев, которые оценивают инерционность трибосистемы, как свойство приспосабливаться (адаптироваться) к изменению внешних воздействий в процессе работы.

Цель исследований

Обоснование и выбор критериев оценки инерционности трибосистем, как свойства приспосабливаться (адаптироваться) к изменению внешних воздействий в процессе работы.

Методический подход в проведении исследований

Инерционность это фундаментальное свойство динамических объектов и их элементов состоящее в противодействии объекта внешним воздействиям, их попыткам изменить его состояние и поведение [8]. В нашем случае, трибосистема, как динамический объект, сопротивляясь внешнему воздействию, препятствует изменению своей выходной величины, пытаясь сохранить ее значение и только постепенно, со временем, откликается на воздействие изменением реакции.

В работе [9] разработана математическая модель динамики переходных процессов скорости изнашивания и коэффициента трения в трибосистемах. Получены уравнения динамики переходных процессов в виде дифференциальных уравнений в которые входят параметры – постоянные времени T_1 и T_2 , размерность – секунда. Установлено, что характер протекания переходного процесса после приложения к трибосистеме входного воздействия зависит от постоянных времени T_1 и T_2 .

Под инерционностью трибосистемы будем понимать отрезок времени, по истечении которого трибосистема способна реагировать на изменение входного воздействия (изменения нагрузки, скорости скольжения, смазочной среды), осуществляя преобразование механической энергии деформации шероховатостей и материала поверхностных слоев в тепловую, рассеивая ее в окружающую среду, тем самым приспосабливаясь (адаптируясь) к входным воздействиям, размерность – секунда. Данное свойство позволяет трибосистеме возвращаться в исходное устойчивое состояние после воздействия на нее внешних возмущений.

Согласно полученных дифференциальных уравнений постоянная времени T_1 определяет время, которое необходимо для изменения градиента температур по всему объему трибоэлементов. Данное время определяется выражением в с:

$$T_1 = \frac{9 \cdot \pi \cdot (\sqrt[3]{V_{np}})^2}{a_{np}} = \frac{9 \cdot \pi \cdot V_{np}^{0,666}}{a_{np}}, \quad (1)$$

где V_{np} – приведенный объем материала трибосистемы, определяется по формуле в м³:

$$V_{np} = \frac{2 \cdot V_n \cdot V_n}{V_n + V_n}, \quad (2)$$

где объемы материала, расположенные под площадями трения у подвижного V_n , м³ и неподвижного V_n , м³ трибоэлементов.

Приведенный коэффициент температуропроводности материалов трибосистемы определяется по выражению в м²/с:

$$a_{np} = \frac{2a_n \cdot a_n}{a_n + a_n}, \quad (3)$$

где коэффициент температуропроводности a , м²/с, учитывает температуропроводность материалов подвижного a_n и неподвижного a_n трибоэлементов, справочная величина.

Малые значения T_1 связаны с быстрым выравниванием температур по всему объему трибоэлементов при изменении нагрузки или скорости скольжения во время приработки или эксплуатации. Анализ выражения (1) показывает, что для этого необходимо уменьшать объемы, расположенные под площадями трения при одновременном увеличении температуропроводности материалов, из которых изготовлены трибоэлементы.

Результаты моделирования степени влияния приведенного объема V_{np} трибосистемы, формула (2) и приведенного коэффициента температуропроводности a_{np} трибосистемы, формула (3) на постоянную времени T_1 , представлены на рис. 1.

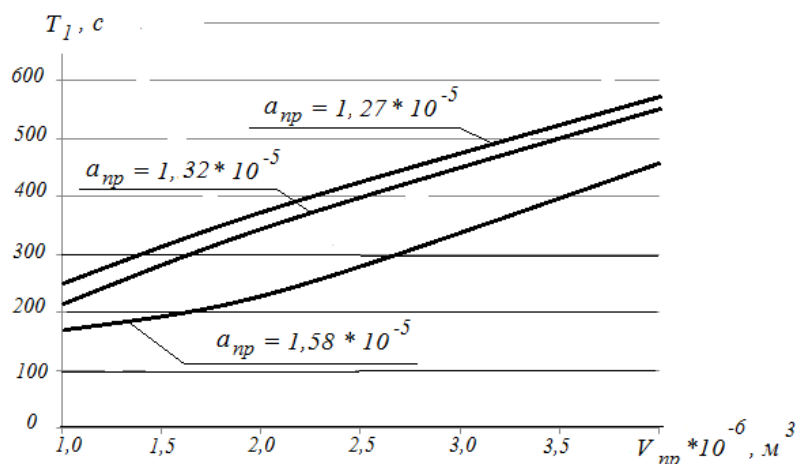


Рис. 1 – Зависимости изменения постоянной времени T_1 от приведенного объема и коэффициента температуропроводности материалов трибоэлементов

Анализируя представленные зависимости можно сделать вывод, что снижение постоянной времени T_1 можно добиться путем уменьшения объемов материала трибоэлементов под площадями трения и применением материалов с высокой температуропроводностью.

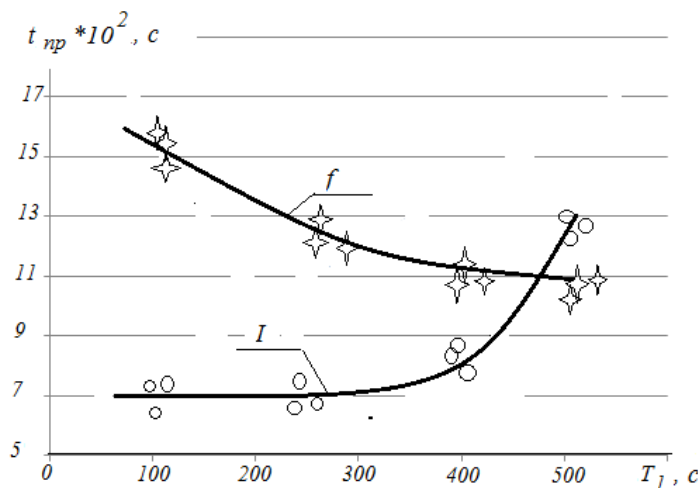


Рис. 2 – Зависимости изменения времени приработки трибосистем от величины постоянной времени T_1

Функциональная зависимость между временем приработки и постоянной времени T_1 представлена на рис. 2. Из анализа зависимостей следует, что малые значения T_1 способствуют снижению скорости изнашивания во время приработки и времени приработки. Однако по параметру коэффициента тре-

ния время приработки остается большим. Следовательно необходимо выбирать компромиссное значение величины постоянной времени, которая для данных условий моделирования не превышает значений $T_1 \leq 500$ с.

Результаты моделирования, рис. 2, были проверены экспериментально, где рядом с теоретическими кривыми нанесены точки для трибосистем с различными значениями T_1 . Относительная ошибка моделирования $e_i = 8,4 \dots 9,1$ %.

На основании полученных теоретических и экспериментальных результатов можно сделать вывод, что постоянная времени T_1 может выступать критерием инерционности трибосистемы, который характеризует время выравнивания температурных полей по всему объему трибоэлементов при изменении нагрузки или скорости скольжения. Чем меньше критерий инерционности T_1 , тем быстрее происходит выравнивание температур, а следовательно и меньше время приработки по параметру скорости изнашивания. И, наоборот, чем меньше критерий инерционности T_1 , тем больше время приработки по параметру коэффициента трения.

Постоянная времени T_2 определяет инерционные свойства изменения шероховатости поверхностей трения и структуры поверхностных слоев во время приработки или при изменении внешних условий. Согласно решения дифференциального уравнения [9] постоянную времени для скорости изнашивания запишем в виде, в с:

$$T_{2,l} = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot K_\phi \cdot h_{\phi,np}}{\dot{\epsilon}_{np}}, \quad (4)$$

- для коэффициента трения в с:

$$T_{2,f} = \frac{7,5 \cdot 10^8 \cdot K_\phi \cdot h_{\phi,np}}{\dot{\epsilon}_{np}}. \quad (5)$$

Коэффициент формы трибосистемы K_ϕ , 1/м, учитывает площади трения неподвижного F_{\min} , и подвижного F_{\max} трибоэлементов и объемы, расположенные под площадями трения V_n , V_n в 1/м:

$$K_\phi = \frac{F_{\min}}{V_n + \frac{V_n \cdot F_{\max}}{F_{\min}}}, \quad (6)$$

где приведенная глубина распространения деформации у подвижного $h_{\phi n}$ и неподвижного $h_{\phi н}$ трибоэлементов определяется по выражению в м:

$$h_{\phi np} = \frac{2 \cdot h_{\phi n} \cdot h_{\phi н}}{h_{\phi n} + h_{\phi н}}. \quad (7)$$

Глубина распространения деформации определяется по выражениям, которые приведены в работах [10, 11]:

$$h_{\phi n} = 0,5 d_{\phi nk} (1 - e^{-D_n}), \quad (8)$$

где
$$D_n = \frac{6,5 \cdot 10^8 \cdot \sigma_{\phi nk}^2}{E_n \cdot E_y}, \quad (9)$$

$$h_{\phi н} = 0,5 d_{\phi nk} (1 - e^{-D_n}), \quad (10)$$

где
$$D_n = \frac{6,5 \cdot 10^8 \cdot \sigma_{\phi nk}^2}{E_n \cdot E_y}, \quad (11)$$

где E_n и E_n – модуль упругости материалов подвижного и неподвижного трибоэлементов, Па. Справочная величина.

Формулы для определения диаметра фактического пятна контакта $d_{\phi nk}$, напряжения на фактическом пятне контакта $\sigma_{\phi nk}$, трибологических свойств смазочной среды E_y , представлены в работах [10, 11].

Приведенную скорость деформации в поверхностных слоях материалов трибосистемы определим по выражению в 1/с:

$$\dot{\epsilon}_{np} = \frac{2 \dot{\epsilon}_n \cdot \dot{\epsilon}_н}{\dot{\epsilon}_n + \dot{\epsilon}_н}, \quad (12)$$

где на основании работ [10, 11]:

$$\dot{\epsilon}_n = 75(1 + \mu_n)(0,86 - 1,05\mu_n) \frac{\sigma_{фнк} \cdot v_{скл}}{E_n \cdot d_{фнк}}, \quad (13)$$

$$\dot{\epsilon}_n = 75(1 + \mu_n)(0,86 - 1,05\mu_n) \frac{\sigma_{фнк} \cdot v_{скл}}{E_n \cdot d_{фнк}}, \quad (14)$$

где μ_n и μ_n – коэффициенты Пуассона материалов подвижного и неподвижного трибоэлементов, справочная величина;

$v_{скл}$ – скорость скольжения, м/с.

Из анализа выражений (4) и (5) следует, что постоянная времени для коэффициента трения T_{2f} в 2 раза больше, чем T_{2l} , т.е. процесс стабилизации коэффициента трения протекает медленнее, чем для скорости изнашивания. Это характерно и для постоянной времени T_1 , рис. 2, где видно, что при одинаковом значении T_1 время приработки по коэффициенту трения значительно больше, чем по скорости изнашивания, особенно для малых значений T_1 .

Результаты моделирования характера изменения постоянных времени T_{2l} и T_{2f} в зависимости от рабочих параметров, которые оказывают влияние на процесс приработки (трибологические свойства смазочной среды, нагрузка, скорость скольжения, шероховатость поверхностей трения), представлены на рис. 3 и рис. 4. Анализ полученных теоретических кривых позволяет сделать вывод, что наиболее значимым параметром, который влияет на величину постоянных времени T_{2l} и T_{2f} , является скорость скольжения. Скорость скольжения изменяет величины T_2 более, чем в 6 раз, при этом остальные параметры вызывают изменение не более, чем в 2 раза.

Функциональная зависимость между временем приработки и величинами T_{2l} и T_{2f} представлена на рис. 5. Как следует из полученных кривых, чем меньше значения T_{2l} и T_{2f} , тем меньше время приработки трибосистем. При этом, процесс приработки по параметру скорости изнашивания имеет меньшее время, чем по параметру коэффициента трения.

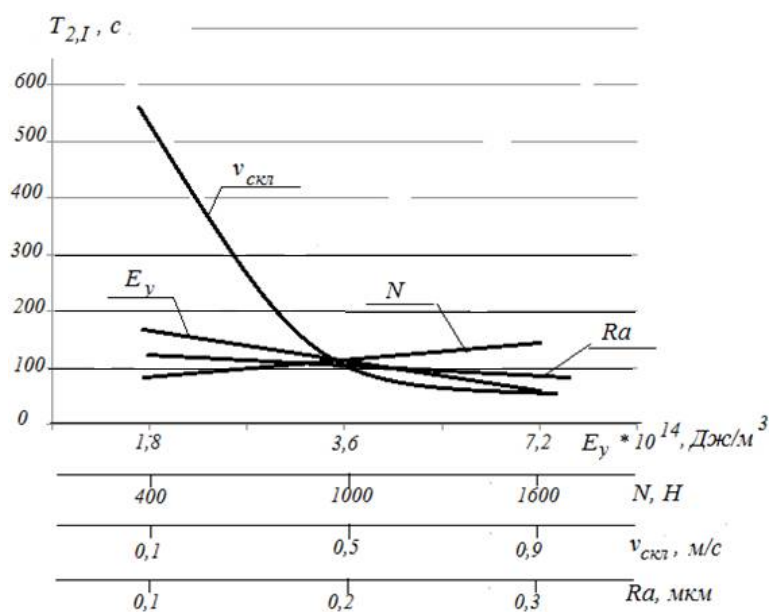


Рис. 3 – Зависимости изменения постоянной времени $T_{2,l}$ от трибологических свойств смазочной среды, нагрузки, скорости скольжения и шероховатости поверхностей трения

Характер функциональных зависимостей времени приработки от постоянных времени T_{2l} и T_{2f} , рис. 5, был подтвержден экспериментальными исследованиями трибосистем с различными значениями T_{2l} и T_{2f} . Экспериментальные точки нанесены на поле рис. 5 и рассчитана относительная ошибка моделирования, которая составила $e_t = 8,6 \dots 10,2 \%$.

На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований можно сделать вывод, что постоянные времена $T_{2,I}$ и $T_{2,f}$ могут выступать как критерии инерционности трибосистемы, которые характеризуют изменение (адаптацию) структуры поверхностных слоев при изменении нагрузки или скорости скольжения во время приработки. Чем меньше значение критериев $T_{2,I}$ и $T_{2,f}$, тем быстрее происходит формирование равновесной шероховатости поверхностей трения и изменения структуры поверхностных слоев.

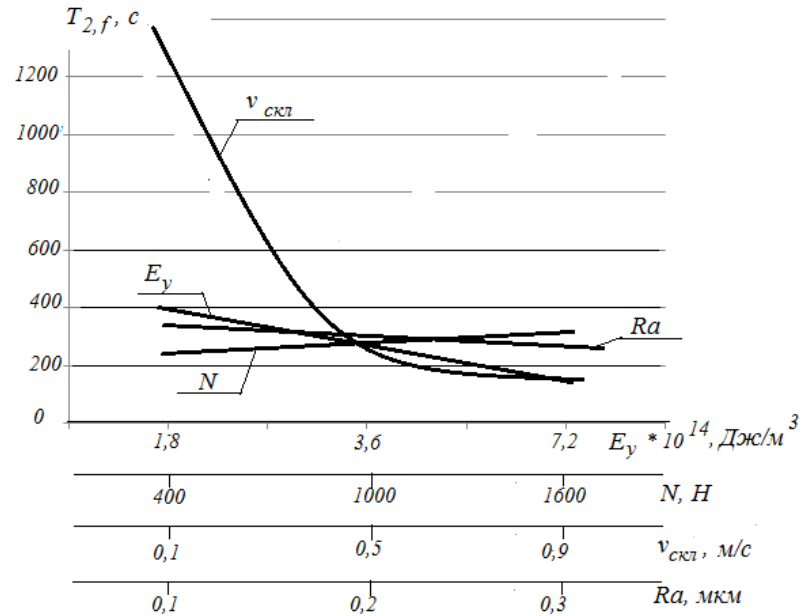


Рис. 4 – Зависимости изменения постоянной времени $T_{2,f}$ от трибологических свойств смазочной среды, нагрузки, скорости скольжения и шероховатости поверхностей трения

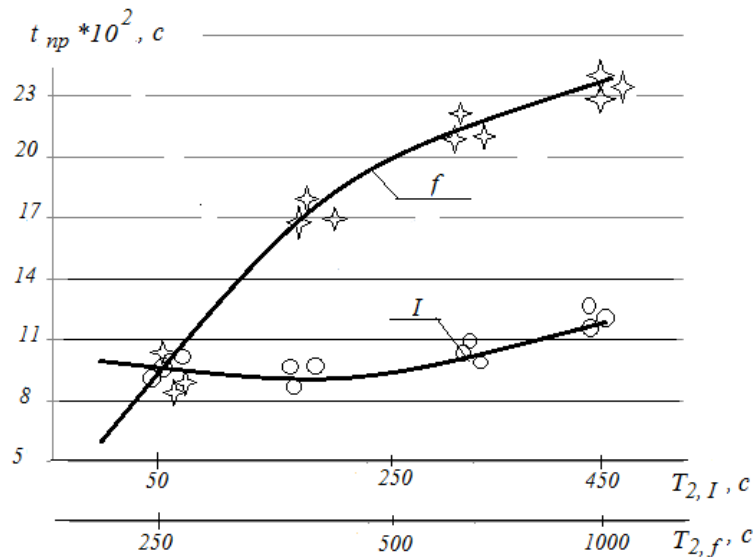


Рис. 5 – Зависимости изменения времени приработки от величины постоянных времени $T_{2,I}$ и $T_{2,f}$

Как следует из представленных выше результатов, рис. 3 и рис. 4, эффективным параметром снижения $T_{2,I}$ и $T_{2,f}$ является скорость скольжения, т.к. влияет на скорость деформации в поверхностных слоях трибоэлементов, формула (13) и (14). Чем больше скорость скольжения, тем больше скорость деформации и меньше критерии $T_{2,I}$ и $T_{2,f}$, это следует из выражений (4) и (5). Следовательно, для быстрой перестройки структуры поверхностных слоев и изменения шероховатости, трибосистему необходимо прирабатывать на большой скорости скольжения.

Данный результат входит в противоречие с выводами, полученными для критерия чувствительности трибосистемы к входным воздействиям K_1 и критерия прирабатываемости трибосистемы – K_2 , которые приведены в работе [1], где сделан вывод, что скорость скольжения в процессе приработки необходимо уменьшать.

Данное противоречие можно разрешить применяя различные программы приработки для трибосистем. Например, на первом этапе программы приработки скорость скольжения имеет минимальное значение, что снизит чувствительность к внешним возмущениям и устранил возникновение задира, а на последующих этапах программы – увеличение скорости скольжения, что будет способствовать быстрому завершению процесса изменения структуры поверхностных слоев.

Сформулированная гипотеза о различных программах приработки будет подтверждена в дальнейших наших работах.

Выводы

1. Предложено определение инерционности трибосистемы, как отрезок времени, по истечении которого трибосистема способна реагировать на изменение входного воздействия (изменения нагрузки, скорости скольжения, смазочной среды), осуществляя преобразование механической энергии деформации шероховатостей и материала поверхностных слоев в тепловую, рассеивая ее в окружающей среде, тем самым приспособиваясь (адаптируясь) к входным воздействиям, размерность – секунда. Данное свойство позволяет трибосистеме возвращаться в исходное устойчивое состояние после воздействия на нее внешних возмущений.

2. Теоретически обоснованы и экспериментально подтверждены критерии оценки инерционности трибосистем к изменению внешних воздействий. Установлено, что малые значения критерия T_1 связаны с быстрым выравниванием температур по всему объему трибозащитных элементов в процессе приработки, а малые значения критериев $T_{2,l}$ и $T_{2,f}$ – быстрой перестройке структуры поверхностных слоев и шероховатости поверхностей трения. Установлена взаимосвязь между значениями критериев инерционности и временем приработки. Показано, что для снижения времени приработки необходимо уменьшать значения T_1 и $T_{2,l}$, $T_{2,f}$, для этого необходимо уменьшать объемы трибозащитных элементов, повышать теплопроводность материалов и увеличивать скорость скольжения на завершающем этапе приработки.

Литература

1. Войтов В.А., Бекиров А.Ш., Войтов А.В. Обоснование критериев оценки чувствительности и прирабатываемости трибосистем / Проблемы трибологии. – 2018. – № 3. – С. 17-22.
2. Карасик И.И. Прирабатываемость, закономерности и методы оценки влияния приработки и изнашивания на триботехнические характеристики опор скольжения: Автореф. дисс....д-ра техн. Наук, 1983. – 38 с.
3. Карасик И.И. Прирабатываемость материалов для подшипников скольжения. – М.: -Наука, -- 1978. -136 с.
4. Буше Н.А. Об исследованиях в области оценки совместимости трущихся пар // Проблемы трения и изнашивания. – К. : Техника, 1971. – Вып.1. – С. 17-21.
5. Буше Н.А., Копытько В.В. Совместимость трущихся поверхностей. – М. : Наука, 1981. – 126 с.
6. Захаров С.М., Горячева И.Г. Об оценке совместимости трибосистем по различным показателям и методам (к 100-летию со дня рождения Н.А.Буше) / Вестник ВНИИЖТ. – 2016. –Т.75, № 5. – С. 263-270.
7. ГОСТ Р 50740-95 Триботехнические требования и показатели. Принципы обеспечения. Общие положения. Принят и введен в действие Госстандартом России от 13.02.95 № 50.
8. Лукас В. А. Теория автоматического управления. – М. : Недра. – 1990. – 416 с.
9. Войтов В.А., Бекиров А.Ш. Математическая модель переходных процессов в трибосистемах и результаты моделирования / Проблемы трибологии. – 2018. – № 1. – С. 18-27.
10. Войтов В.А., Захарченко М.Б. Моделирование процессов трения изнашивания в трибосистемах в условиях граничной смазки. Часть 1. Расчет скорости работы диссипации в трибосистемах // Проблемы трибологии. – 2015. – № 1. – С. 49-57.
11. Viktor Vojtov, Ablatif Biekirov, Anton Voitov. The Quality of the Tribosystem as a Factor of Wear Resistance / International Journal of Engineering & Technology. – 2018. – Vol 7, No 4.3 Special issue 3, p. 25-29.

Надійшла в редакцію 20.11.2018

Vojtov V.A., Biekirov A.Sh., Voitov A.V. **Justification of criteria for assessing the inertia of tribosystems.**

A definition of the inertia of the tribosystem is proposed, as the length of time after which the tribosystem is able to respond to changes in input (load changes, sliding speed, lubricating medium), realizing the transformation of the mechanical energy of deformation of roughness and material of the surface layers into heat, dissipating it into the environment, thereby adapting (adapting) to input effects, dimension - second. This property allows the tribosystem to return to its original steady state after exposure to external disturbances.

The criteria for estimating the inertia of tribosystems to a change in external influences are theoretically substantiated and experimentally confirmed. It is established that small values of the criterion T_1 associated with the rapid equalization of temperatures throughout the triboelement in the run-in process, and small values of the criteria T_{2J} and T_{2f} – rapid restructuring of the surface layers and roughness of friction surfaces. The relationship between the values of the inertia criteria and the time of running-in has been established. It is shown that in order to reduce the time of running-in it is necessary to decrease the values T_1 and T_{2J} , T_{2f} , for this, it is necessary to reduce the volumes of triboelements, increase the thermal diffusivity of materials and increase the sliding speed at the final stage of burn-in.

Key words: tribosystem, modeling; transient processes, breaking-in, inertness of the tribosystem, running-tribosystem, run-in time.

References

1. Vojtov V.A., Bekirov A.SH., Voitov A.V. Obosnovaniye kriteriyev otsenki chuvstvitel'nosti i prirabatyvayemosti tribosistem. Problemi tribologii. 2018. № 3. S. 17-22.
2. Karasik I.I. Prirabatyvayemost', zakonomernosti i metody otsenki vliyaniya prirabotki i iznashivaniya na tribotekhnicheskiye kharakteristiki opor skol'zheniya: Avtoref. diss....d-ra tekhn. Nauk, 1983. 38 s.
3. Karasik I.I. Prirabatyvayemost' materialov dlya podshipnikov skol'zheniya. M.: Nauka, 1978. 136 s.
4. Bushe N.A. Ob issledovaniyakh v oblasti otsenki sovместимости trushchikhsya par. Problemy treniya i iznashivaniya: sb. Kiyev: Tekhnika, 1971. Vyp. 1. S. 17–21.
5. Bushe N.A., Kopyt'ko V.V. Sovместимost' trushchikhsya poverkhnostey. M.: Nauka, 1981. 126 s.
6. Zakharov S.M., Goryacheva I.G. Ob otsenke sovместимости tribosistem po razlichnym pokazatelyam i metodam (k 100-letiyu so dnya rozhdeniya N.A. Bushe). Vestnik VNIIZHT, 2016, t. 75, №5, s. 263-270.
7. GOST R 50740-95 Tribotekhnicheskiye trebovaniya i pokazateli. Printsipy obespecheniya. Obshchiye polozheniya. Prinyat i vveden v deystviye Gosstandartom Rossii ot 13.02.95 № 50.
8. Lukas V. A. Teoriya avtomaticheskogo upravleniya. M.: Nedra, 1990. 416 s.
9. Vojtov V.A., Biekirov A.SH. Matematicheskaya model' perekhodnykh protsessov v tribosistemakh i rezul'taty modelirovaniya. Problemi tribologii. 2018. № 1. S. 18-27.
10. Vojtov V.A., Zakharchenko M.B. Modelirovaniye protsessov treniya iznashivaniya v tribosistemakh v usloviyakh granichnoy smazki. Chast' 1. Raschet skorosti raboty dissipatsii v tribosistemakh. Problemi tribologii. 2015. № 1. S. 49-57.
11. Viktor Vojtov, Abliatif Biekirov, Anton Voitov. The Quality of the Tribosystem as a Factor of Wear Resistance. International Journal of Engineering & Technology. 2018. Vol 7, No. 4.3 Special issue 3, p. 25-29.