

тоновской жидкости, в качестве которой использовали консервационное масло К-17 ($\eta = 0,112$ Па·с). Масло подавали по патрубкам, штуцерам и шлангу, соединенным в общую магистраль. Результаты обработки опытных данных сведены в таблицу.

Увеличение расхода q в 6 раз фактически не повлияло на произведение $(\lambda_n \text{Re})$, что указывает на постоянство приведенного коэффициента k_n осевой скорости для всех участков магистрали, а также на отсутствие связи между коэффициентом k_n и расходом q в рамках данного исследования. С учетом того, что величина произведения $(\lambda_n \text{Re})$ неизменна, получена формула для оперативного расчета падения давления ΔP в магистрали, составленной из патрубков и шлангов различных длин $(L_1, \dots, L_n)$ и радиусов $(r_1, \dots, r_n)$:

$$\Delta P = (\lambda_n \text{Re}) \frac{q\eta}{8\pi} \cdot \left[\frac{L_1}{r_1^4} + \dots + \frac{L_n}{r_n^4} \right]. \quad (13)$$

Применительно к исследуемой магистрали имеем:

$$\Delta P = 84,2 \cdot \frac{q\eta}{8\pi} \cdot \left[\frac{L_1}{r_1^4} + \dots + \frac{L_n}{r_n^4} \right]. \quad (14)$$

Заключение

Формулой (14) целесообразно пользоваться в расчетах потерь напора консервационной жидкости, которую требуется подавать на распыление с расходом q , необходимым для нанесения защитного покрытия нормативной толщины.

Литература

1. Штеренлихт Д.В. Гидравлика. - М.: Энергоатомиздат, 1984.
2. Рабинович Е.З. Гидравлика. - М.: Недра, 1974.
3. Петрашев А.И. Гидравлическое сопротивление движению консервационных жидкостей по шлангу //Техника в сельском хозяйстве. - 2006, № 1. - С. 25-27.

УДК 621.891

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ТРИБОСИСТЕМАХ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НОВОЙ ТЕХНИКИ

Войтов В.А., д.т.н., профессор, Козырь А.Г., аспирант

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства
им. П. Василенко, г. Харьков, Украина*

Введение

При создании новой техники перед конструктором возникает задача определения триботехнических характеристик трибосистем, которые не имеют прототипа, а создание их физических моделей для лабораторных

испытаний затруднено или не экономично. В таких случаях эффективным является применение математического моделирования. Исследование математических моделей позволит выявить новые закономерности и провести оптимизацию параметров узлов трения и машины в целом по различным критериям. Такой результат исследований чрезвычайно важен для практических целей и дает опытно-конструкторскую проработку задачи.

В связи с вышеизложенным целью исследований является разработка методического подхода математического моделирования и переходных процессов при граничной смазке, которая позволит с помощью компьютерных программ производить исследование триботехнических характеристик различных трибосистем с последующей их оптимизацией, а также определить ресурс с учетом износа за проработку или обкатку.

Основная часть

Определение параметров переходного процесса и факторов определяющих входное воздействие. Из анализа работ [1-3] следует вывод, что переходные процессы в трибосистемах, в зависимости от величины входного воздействия, имеют различный вид переходной характеристики, а, следовательно, и различные параметры, характеризующие этот процесс.

В качестве параметров, характеризующих переходный процесс в трибосистеме, как следует из работ [1-3], можно выделить следующие: максимальное значение скорости износа во время переходного процесса $\bar{I}_{v \max}$ и установившееся значение скорости износа $\bar{I}_{v \max}$ после завершения переходного процесса; величина начального заброса силы трения $\bar{F}_0$ при приложении входного воздействия к трибосистеме; максимальное значение силы трения во время переходного процесса $\bar{F}_{mp \max}$ и установившееся значение силы трения $\bar{F}_{mp \text{уст}}$ после завершения переходного процесса; время завершения переходного процесса t_{np} , время, когда сила трения достигает максимального значения t_{max} и время t^* , когда производная функции $F_{mp}(t)$ меняет свой знак.

Как указано в работе [3] при линеаризации дифференциальных уравнений применяются относительные отклонения величин, которые обозначаются чертой сверху. В данном случае:

$$\bar{I}_v = \frac{I_{v \text{тек}} - I_{v \text{баз}}}{I_{v \text{баз}}}, \quad \bar{F}_{mp} = \frac{F_{mp \text{тек}} - F_{tr \text{баз}}}{F_{tr \text{баз}}},$$

где $I_{v \text{тек}}$ и $F_{mp \text{тек}}$ – текущее значение параметра во время переходного

процесса; $I_{v \text{ баз}}$ и $F_{mp \text{ баз}}$ – базовое значение параметра, за которое выбирают минимальные значения скорости износа и силы трения на установленном режиме.

В качестве входного воздействия на трибосистему в работах [1-3] выбрана величина производной от критерия времени π_t , которая не зависит от времени и формирует ступенчатое входное воздействие на систему.

$$\pi_t = \frac{N^{\frac{2}{3}} \times v^{\frac{2}{3}} \times \alpha^{\frac{7}{3}}}{A_{y \text{ ср}}^{\frac{1}{3}} \times Q^{\frac{1}{3}} \times K_{\phi}^{\frac{2}{3}}},$$

где N – нагрузка на узле трения, Н; v – скорость скольжения, м/с; α – параметр, учитывающий релаксационные свойства структуры сопряженных материалов и их совместимость в трибосистеме, дБ/м; $A_{y \text{ ср}}$ – параметр, характеризующий смазывающие свойства среды, Дж/м³; Q – расход смазочной среды через узел трения, кг/с; K_{ϕ} – коэффициент, учитывающий геометрические размеры узла трения (коэффициент формы), 1/м.

Методики определения параметров α , $A_{y \text{ ср}}$, K_{ϕ} изложены в работах [1-3]. При планировании и проведении многофакторного эксперимента с целью сокращения числа факторов, а также с учетом рекомендаций работы [3], перечисленные выше параметры можно объединить в три комплекса: первый комплекс $\left(\frac{N \times v}{K_{\phi}} = W\right)$ характеризует условия нагружения трибосистемы.

Физический смысл этого комплекса – мощность подводимая к трибосистеме, геометрическим параметром которого является коэффициент формы, размерность (Н·м·м)/с = Вт·м; второй комплекс (α) – характеризует релаксационные свойства структуры обоих сопряженных материалов и их совместимость между собой, размерность дБ/м; третий комплекс $(A_{y \text{ ср}} \times Q = A_y)$ – характеризует смазочную среду и ее расход через узел трения. Физический смысл этого комплекса заключается в способности единицы массы смазочной среды проявлять свои трибологические свойства в единицу времени, размерность кг²/(с³·м).

С учетом вышеизложенного отметим, что независимыми факторами, формирующими входное воздействие на трибосистему, будут выступать три комплекса: $\left(\frac{N \times v}{K_{\phi}} = W\right)$, (α) , $(A_{y \text{ ср}} \times Q = A_y)$. Функциями отклика будут

выступать параметры: $I_{v_{уст}}$, $I_{v_{max}}$, F_0 , $F_{mp_{max}}$, $F_{mp_{уст}}$, t_{np} , t_{max} , t^* .

Планирование эксперимента и результаты экспериментальных исследований. Математическое описание зависимостей параметров: $I_{v_{уст}}$, $I_{v_{max}}$, F_0 , $F_{mp_{max}}$, $F_{mp_{уст}}$, t_{np} , t_{max} , t^* от исследуемых факторов $\left(\frac{N \times v}{K_\phi} = W\right)$, (α) , $(A_{yep} \times Q = A_y)$ представляется в виде количественных

соотношений, связывающих текущие значения выходной функции с контролируемыми переменными. Информационной основой для получения математического описания являются статистические данные, полученные в результате специально организованного эксперимента.

Для выбранного числа факторов – 3 и уровней варьирования – 5 сгенерирован D-оптимальный план с эффективностью 99%, включающий 25 опытов.

План-матрица охватывает большое многообразие сочетаний материалов в реальных узлах трения, например таких как: сталь по стали $\alpha = 0,3 \times 10^3$ дВ/м; чугун по чугуну $\alpha = 0,5 \times 10^3$ дВ/м; сталь по чугуну $\alpha = 1 \times 10^3$ дВ/м; чугун по бронзе $\alpha = 0,7 \times 10^3$ дВ/м; сталь по бронзе $\alpha = 1,3 \times 10^3$ дВ/м; которые определялись фактором α , дВ/м.

Испытания проводились на трех кинематических схемах: «диск – диск», $K_\phi = 0,50$ 1/м; «диск–колодка», $K_\phi = 1,52$ 1/м; «кольцо–кольцо», $K_\phi = 8,18$ 1/м и $K_\phi = 16,3$ 1/м, т.е. производилось применение высших и низших кинематических схем контакта. Условия эксперимента: нагрузка на узле трения $N = 364; 480; 730; 980$ Н; скорость скольжения $v = 0,5$ м/с. Перечисленные сочетания параметров определены фактором $\frac{N \times v}{K_\phi} = W$, Вт·м.

В качестве рабочей (смазочной) среды применялись следующие жидкости: авиационный керосин: ТС – 1; гидравлическая жидкость АМГ – 10; масло ВНИИНП 403, которые подавались в зону трения с различным расходом. Перечисленные параметры определены фактором $A_{yep} \times Q$, который изменялся в пределах от $0,48 \times 10^{13}$ до $7,2 \times 10^{13}$ кг²/(с³·м). В процессе проведения эксперимента методом искусственных баз определяли линейный износ каждого из элементов, который пересчитывали в объемную скорость

износа на установившемся режиме, $I_{v \text{ уст}}$. Максимальное значение скорости износа $I_{v \text{ max}}$ во время переходного процесса определялось с помощью метода акустической эмиссии.

Значения сил трения во время переходного процесса F_0 и $F_{\text{тр max}}$ и на установившемся режиме $F_{\text{тр уст}}$ определялось с помощью контрольного самопишущего прибора машины трения, который перед началом экспериментов тарировался.

Значение времени окончания переходного процесса t_{np} , а также значений времени t_{max} и t^* характеризующих переходный процесс, определяли по характеру протекания во времени трех величин: момента трения; дисперсии амплитуд сигналов АЭ и температуры неподвижного элемента узла трения.

Были получены регрессионные зависимости третьего порядка, которые в общем виде можно записать:

$$\Phi = \left(\frac{N \times v}{K_{\phi}}, \alpha, A_{\text{уср}} \times Q \right).$$

Полученные зависимости позволяют определить параметры переходного процесса, которые являются коэффициентами дифференциальных уравнений [2-3], а следовательно выполнить моделирование переходных процессов в трибосистемах на этапе проектирования.

Заключение

В результате проведенных исследований определены и обоснованы независимые факторы, определяющие входное воздействие на трибосистему. Функциональные зависимости максимальных и минимальных значений параметров переходного процесса в трибосистемах определены в виде регрессионных зависимостей, которые получены на основе теории планирования эксперимента.

Литература

1. Войтов В.А., Исаков Д.И. Моделирование граничного трения в трибосистемах. I. Методика физического моделирования. – Трение и износ, 1996. – Т. 17, №3. – С. 298-306.
2. Войтов В.А., Исаков Д.И. Моделирование граничного трения в трибосистемах. II. Методика математического моделирования стационарных процессов при граничном трении. – Трение и износ, 1996. – Т. 17, №4. – С. 456-462.
3. Войтов В.А., Исаков Д.И. Моделирование граничного трения в трибосистемах. III. Методика математического моделирования нестационарных

процессов при граничном трении. – Трение и износ, 1996. – Т. 17, №4. – С. 598-605.

УДК 621.791:620.18

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ СЕЛЬСКИХ МАСТЕРСКИХ

**Скобло Т.С., д.т.н., профессор, Рыбалко И.Н., аспирант,
Сидашенко А.И., к.т.н., профессор, Тихонов А.В., к.т.н., доцент**
*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства
им. П. Василенко, г. Харьков, Украина*

Введение

Малые мастерские зачастую не располагают необходимыми ресурсами и оборудованием при восстановлении деталей сельскохозяйственной техники. Решение этой проблемы возможно за счет снижения расходов энергетических и материальных ресурсов для восстановления деталей. Для этого разработано специальное устройство и способ легирования, позволяющие экономно расходовать материалы, что не требует значительных капитальных вложений. Рекомендуемый метод предусматривает использование не дефицитной наплавочной проволоки и порошковых материалов [1].

Основная часть

Способ восстановления и упрочнения деталей включает в себя насыщение поверхностного слоя сварочной проволокой совместно с легирующими компонентами. Для реализации процесса восстановления проволока фиксируется и калибруется в направляющих роликах (рисунок). На поверхности сварной проволоки с помощью роликов с выступами, прижимная сила которых составляет 0,15–0,9 кН, образуются ячейки заданной формы и частоты, глубиной 0,15–0,25 мм. Затем на них наносится тонкий равномерный слой клея с помощью валиков, имеющих эластичную поверхность. При этом происходит заполнение ячеек порошком с легирующими компонентами при прохождении через бункер, с последующим уплотнением в калибрующем канале мундштука, через который сварная проволока подается в зону восстановления и упрочнения детали [2].

Опробование в условиях малого производства проводили по предложенной технологии нанесения покрытий с определением эффекта обработки с позиции формирования однородного слоя при восстановлении деталей. Результаты формирования восстановленного слоя оценивали методами микрорентгеноспектрального анализа и металлографическими исследо-