

УДК 539.3

## РЕАЛІЗАЦІЯ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ДЛЯ ШАРУ НА ПРУЖНОМУ ПІВПРОСТОРИ

Валентин Можаровський<sup>1</sup>, Володимир Кукареко<sup>2</sup>, Олександр Кушнеров<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Гомельський державний університет імені Ф. Скорини, м. Гомель;

<sup>2</sup>Об'єднаний інститут машинобудування НАН Білорусі, м. Мінськ

Для успішного розвитку машинобудування необхідно провадити фундаментальні дослідження щодо створення нових конструкційних матеріалів на основі сучасних технологій. Одним з найбільш перспективних шляхів вирішення зазначеної проблеми є створення матеріалів з модифікованими поверхневими шарами, що володіють підвищеними фізико-механічними властивостями і стійкістю до руйнування в процесі фрикційної взаємодії, що працюють в складних експлуатаційних умовах. Для проектування ефективних елементів тертя необхідно мати аналітичні розв'язки задачі про визначення температури поверхні при терті елемента заданої форми. Експериментальне дослідження, наприклад в [2], провадилося на зразках  $8 \times 6 \times 5$  мм з прокатаного сплаву 12X18H10T. Іонно-променева обробка здійснювалася за допомогою іонного джерела зі замкнутим дрейфом електронів [4]. Температура зразків у процесі обробки підтримувалася при 620, 670, 690, 720, 770 К. Мікротвердість вимірювалася на приладі DuraScan 20 при навантаженні 50 г. Триботехнічні випробування за схемою зворотно-поступального переміщення проводили на автоматизованому трибометрі АТВП, оснащеному пристроєм для вимірювання коефіцієнта тертя. Як контртіло використовувалася пластина з гартованої сталі У8 (800HV10). Випробування проводили в умовах тертя без мастильного матеріалу за номінальному тиску  $p = 1.0$  МПа. Середня швидкість переміщення зразка щодо контртіла становила приблизно  $0.1 \text{ м} \cdot \text{сек}^{-1}$ . Рентгеноструктурний аналіз проводився на рентгенівському дифрактометрі ДРОН–3.0 в монохроматизованому  $\text{CoK}_\alpha$  випромінювання, при напрузі 30 кВ і анодному струмі 10 мА. Для розв'язання задачі про вплив тертя індентора при взаємодії з досліджуваною поверхнею можна скористатися математичною моделлю представленою в роботі Джонсона [1] і її технічним застосуванням [4]. В основі лежить розв'язок плоскої задачі про джерело тепла при русі штампа довжиною  $l$  по поверхні покриття (півпростору при  $q = P_0 \cdot f \cdot V \cdot \eta$ , де  $P_0$  тиск на поверхні тертя;  $f$  – коефіцієнт тертя штампа по зразку;  $V$  – швидкість переміщення штампа;  $\eta$  – к.к.д. перетворення механічної роботи в тепло ( $\eta = 0.97-0.98$ )), розподілене джерело в зоні контакту розглядаємо згідно з [2, 3] як набір джерел інтенсивності  $q$ , що діють уздовж прямої. Розподіл температури на відстані  $R$  від лінійного

теплового нагрівача при миттєвому прикладанні до межі півпростору розподілених уздовж прямої джерел нагріву інтенсивності  $H$ , визначається рівнянням [2].

Для детальнішого вивчення температурного поля в шарі, що знаходиться на пружному півпросторі з використанням результатів [3, 4], розглянемо алгоритм розрахунку потоку тепла і значення температур. Можна використовувати теорію [3] для укладання алгоритму розрахунку для визначення температур і теплового потоку і знаходження виразів для температури в шарі і півпросторі при різних законах зміни потоку тепла  $q$ .

На рис. 1. показано розподіл температури на поверхні покриття товщиною  $h$  при дії точкового джерела  $Q$  з координатами  $z = 0$ ,  $r = 0$ . Досліджуваний матеріал має такі фізичні властивості:  $h = 0.004$  м;  $\lambda_1 = 70$  Вт/(м×К),  $\lambda = 50$  Вт/(м×К),  $\beta_1 = 525$  Вт/(м<sup>2</sup>×К).

Реалізація розрахунку зміни температури в шарі і його основі являє собою складну задачу, в яку входить обчислення невласних інтегралів з осцилюючими функціями, що містять функції Бесселя. Для розрахунку необхідно досліджувати збіжність подинтегральних функцій і привести рівняння до зручного виду для реалізації розрахунку.

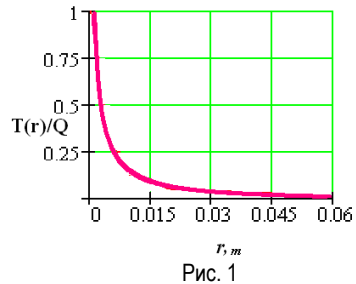


Рис. 1

Роботу виконано за підтримки ДФФД, завдання № Т20УКА–12.

1. Джонсон К. Механика контактного взаимодействия. – Москва: Мир, 1989. – 410 с.
2. Кукареко В.А., Можаровский В.В., Кушнеров А.В., Марьин С.А. Закономерности изнашивания упроченной ионами азота аустенитной стали 12X18H10T // Проблемы физики, математики и техники. – 2020. – № 4. – С. 37–42.
3. Корнев Б.Г. Задачи теории теплопроводности и термоупругости. – Москва: Наука, 1980. – 400 с.
4. Ганкевич В.Ф., Кравец В.И., Ливак О.В. Исследование температурных полей на поверхности горной породы при трении плоского элемента для термоциклического ослабления поверхностного слоя // Геотехнічна механіка. – 2017. – № 135. – С. 83–91.

#### THE IMPLEMENTATION OF A COMPUTATIONAL MATHEMATICAL MODEL FOR DETERMINING THE TEMPERATURE IN A LAYER ON AN ELASTIC HALF-SPACE.

*Tribotechnical testing of samples made of rolled alloy 12X18H10T according to the reciprocating displacement scheme.*