ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1992

Seria: MECHANIKA z. 107 Nr kol. 1154

Andrzej Kosior, Zbigniew Osiński, Jerzy Wróbel
Instytut Podstaw Budowy Maszyn
Politechnika Warszawska

BADANIE MODELU POŁĄCZENIA SPRĘŻYSTEJ LISTWY Z PODŁOŻEM

Streszczenie. W pracy przeprowadzono badanie modelu połączenia sprężystej listwy z podłożem przy uwzględnieniu tarcia konstrukcyjnego. Dotychczas najczęściej rozważano tarciowe modele styku elementów tworzących połączenie. W pracy zaproponowano sprężysto-tarciowy model styku, ponieważ rzeczywiste powierzchnie styku są chropowate i wykazują własności sprężysto-tarciowe.

Резюме. В работе проведено исследование модели соединения упругой полосы с основанием с учётом конструкционного трения. До сих пор принималась модель учитывающая трение на стыке. В работе предложена модель конструкционного трения, в которой учитываются свойства упругого трения на стыке, потому что действительные поверхности шероховатые и стык между ними имеет свойства упругого трения.

Summary. In the paper an investigation of a structural friction for a model of a joint between a strip and a foundation is presented. Up to the present, a frictional model of a contact has been taken into consideration. In the paper, a proposal of structural friction model is presented, which take into consideration the elasto-frictional properties of the contact, because the real surfaces are rough and the contact between them has the elasto-frictional properties.

1. WSTĘP

Tarcie konstrukcyjne jest jednym z naturalnych rodzajów rozpraszania energii i tłumienia drgań, obok tłumienia drgań w ośrodku oraz poprzez tarcie wewnętrzne w materiale i jest jednym z głównych składników tłumienia drgań maszyn [1,2].

Badania tarcia konstrukcyjnego odnoszą się do uproszczonych fizycznych modeli połączeń elementów maszyn i przeprowadza się je przy założeniach :

1. materiał elementów połączenia jest doskonale sprężysty,
2. intensywność sił tarcia na powierzchni poślizgu elementów tworzących połączenie opisuje się prawem tarcia suchego.

Pomimo przyjęcia założeń upraszczających otrzymano wiele wyników teoretycznych potwierdzonych doświadczalnie [1].

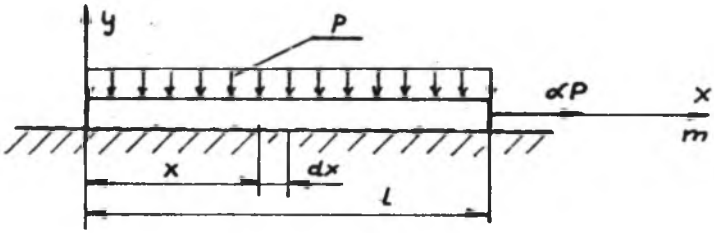
Prowadzone są również badania układów dynamicznych zawierających połączenia elementów maszyn rozpatrywane z uwzględnieniem tarcia konstrukcyjnego [4].

Celem pracy jest zaproponowanie modelu tarcia konstrukcyjnego, w którym zostałyby uwzględnione sprężysto-tarciowe własności styku.

Wiele badań eksperymentalnych wskazuje na potrzebę prowadzenia takich rozważań, ponieważ rzeczywiste powierzchnie są chropowate i styk pomiędzy nimi ma własności sprężysto-tarciowe [3].

2. MODEL FIZYCZNY POŁĄCZENIA SPRĘŻYSTEJ LISTWY Z PODŁOŻEM

Jednym z fizycznych modeli rozpatrywanych przy badaniu tarcia konstrukcyjnego, jest model sprężystej listwy dociśniętej do podłoża i obciążonej siłą wzdłużną [1,2] - rys.1.



Rys.1. Model fizyczny połączenia sprężystej listwy z podłożem
Fig. 1. Physical model of a joint between elastic and foundation

Do listwy przyłożona jest siła zmienna wzdłużna αP. Współczynnik obciążenia α zmienia się przy obciążeniu w granicach $0 \le \alpha \le 1$. Listwa dociśnięta jest do podłoża dociskiem jednostkowym p (p = const.).

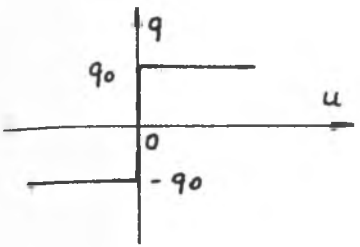
Wymiary listwy: l - długość, b - szerokość, h - wysokość.

Model ciała (listwy) można zapisać w postaci

$$\varepsilon = \frac{du}{dx} = \frac{\sigma}{E} = \frac{N}{EF} \tag{1}$$

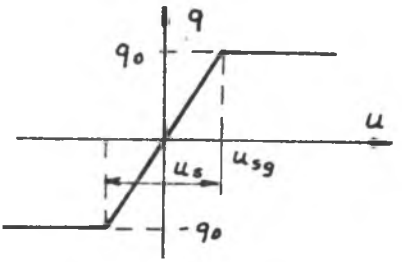
gdzie: ε - odkształcenie jednostkowe, σ - naprężenie, E - moduł Younga, u - przemieszczenie, N - siła normalna w przekroju listwy, F - przekrój poprzeczny listwy.

Model matematyczny styku ciał połączonych przesuwanych względem siebie w kierunku stycznym, zgodnie z przyjętymi założeniami, można przedstawić jak na rys.2.



Rys.2. Model tarciowy styku

Fig.2. Frictional model of contact



Rys.3. Model sprężysto-tarciowy styku

Fig.3. Elasto-frictional model of contact

Przedstawiona na rys.2 jednostkowa siła tarcia rozwiniętego q_0 na powierzchni poślizgu elementów tworzących połączenie opisuje się prawem tarcia suchego

$$q_0 = p\mu b \tag{2}$$

gdzie: q_0 - jednostkowa siła tarcia, p - docisk jednostkowy,
μ - współczynnik tarcia, b - szerokość listwy.

Przy przyjęciu ww. założeń upraszczających przedstawionych w postaci modelu matematycznego ciała - zależność (1) oraz modelu matematycznego styku w kierunku stycznym - zależność (2) i rys.2, przeprowadzono wiele prac teoretycznych potwierdzonych doświadczalnie [1].

Przy przyjęciu tych modeli, ciała i styku, już przy dowolnie małej sile zewnętrznej αP działającej na listwę (rys.1), wystąpi poślizg pomiędzy listwą i podłożem na pewnej niewielkiej długości połączenia.

Zwiększenie dokładności pomiarowych w ostatnich latach pozwoliło na przykładzie połączeń wciskowych stwierdzić doświadczalnie, że przy niewielkich wartościach siły zewnętrznej, odkształcenia mają charakter

sprężysty. Poślizgi wystąpią dopiero wtedy, gdy siła zewnętrzna jest większa od siły sprężystej [3].

Obserwacje te spowodowały podjęcie prac nad doskonalszym modelem matematycznym styku, uwzględniającym jego podatność stykową wynikającą z niedoskonałego przylegania do siebie powierzchni po obróbce. Wskutek występowania nierówności po obróbce (chropowatość, falistość) rzeczywista powierzchnia styku stanowi ułamek nominalnej powierzchni styku i zależy od nacisku normalnego połączonych elementów.

Model styku uwzględniający podatność stykową połączonych elementów w kierunku stycznym przedstawia rys.3.

Opis matematyczny tego modelu styku ma postać

$$u_s = \frac{q}{bk_s} \quad - \text{ dla } \quad q < q_0 \tag{3}$$

$$u_s = u_{sg} \quad - \text{ dla } \quad q = q_0 \tag{4}$$

gdzie: u_s - odkształcenie sprężyste styku, q_0 - jednostkowa siła tarcia rozwiniętego podana zależnością (2), q - jednostkowa siła styczna w styku (jednostkowa siła tarcia nierozwiniętego), u_{sg} - graniczne sprężyste odkształcenie styku, k_s - współczynnik sztywności stykowej styku.

3. BADANIE MODELU I WNIOSKI KOŃCOWE

Przy przyjęciu modelu matematycznego styku jak na rys.3, poślizg listwy względem podłoża zacznie się wówczas, gdy siła zewnętrzna αP przekroczy wartość siły sprężystej oddziaływania styku.

Z warunków równowagi sił działających na element listwy oraz na podstawie związku pomiędzy przemieszczeniem listwy i odkształceniem styku, wyznaczono zależności na siłę normalną i przemieszczenie listwy oraz siłę styczną w styku w strefie bez poślizgu i w strefie poślizgu listwy względem podłoża. Podano zależność na wyznaczenie długości strefy poślizgu.

Dla przyjętych do obliczeń danych wyznaczono siłę sprężystości styku, po przekroczeniu której zacznie się poślizg w połączeniu. Wyznaczono także przebieg zmienności siły stycznej, siły normalnej i przemieszczenia listwy.

Przyjęty do rozważań model sprężysto-tarciowy styku umożliwia wyznaczenie wartości siły sprężystości styku i porównanie jej z wartością

siły zewnętrznej. Pozwala to ocenić wpływ siły sprężystości na wyniki prowadzonych badań.

Model ten umożliwia również wyznaczenie wartości odkształcenia sprężystego styku w połączeniu i porównanie jej z wartością przemieszczenia listwy. Pozwala to ocenić jaki jest wpływ wartości odkształcenia sprężystego styku na wyznaczoną wartość przemieszczenia listwy.

LITERATURA

[1] Kalinin N.G., i drugoje: Konstrukcyonnoje dempfirowanie w niepodwiżnych sojedinienijach. Izdat. A.N. Łatw., Riga 1960.

[2] Osiński Z.: Tłumienie drgań mechanicznych, PWN, Warszawa 1979.

[3] Grudziński K. i inni: Opracowanie metod komputerowych do projektowania połączeń elementów maszyn z uwzględnieniem zjawisk kontaktowych. Sprawozdanie RP.I.06.1.20. Warszawa 1989, 1990.

[4] Kosior A., Osiński Z., Wróbel J.: Analiza porównawcza dwóch modeli układów z tarciem konstrukcyjnym. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Mechanika, z. 103, ss. 113-116, Gliwice 1991.

THE INVESTIGATION OF A JOINT BETWEEN AN ELASTIC STRIP AND A FOUNDATION

The investigation of structural damping is engaged for simplified typical physical models of machine joints under the following assumptions [1,2]: the material of joint elements is elastic and the intensity of friction forces on slip surfaces of joint elements is described by dry friction.

Theoretical results obtained for a physical systems with structural friction were experimentally certified [1]. The investigation of dynamic systems, with joints of machine elements taken into consideration with structural friction, is made in [4].

The goal of this paper is the proposal of structural friction model which take into consideration the elasto-frictional properties of the contact. Many experimental tests show the necessity of such investigation, because the real surfaces are rough and the contact between them has the elasto-frictional properties [3].

The one of the physical models considered during the investigation of

structural damping is the model of an elastic strip pressed down to a foundation and loaded by longitudinal force [1,2] - fig. 1.

The mathematical model of two linked bodies slip in tangent direction can be illustrated, according to taken assumptions, as on fig. 2.

The development of measurement techniques in last years, allows to certify experimentally , that under the small value of external force, deformations have an elastic character. The slips occur only than external force is greater than elastic force [3]. This observations have caused investigations and works on better mathematical model of contact, with regard to a contact flexibility, resulting from not ideal intimate contact of both surfaces after working.

In the paper the model of physical permanent joint between a strip and a foundation, under the load of a strip by longitudinal external force, was investigated. The model of a body as an ideal elastic was applied as a model of a strip. Up to the present, in zone of slip for a strip, the unitary friction was described by dry friction model.

In this paper the elasto-frictional model of a contact is proposed which take into consideration the elasticity of the contact - fig. 3..

This elasto-frictional model of a contact allows evaluation of elastic force in a contact and comparison with value of external force. The influence of elastic force on the model behavior is possible now. This models can be also used for evaluation of elastic deformation of a contact and the comparison with value of the strip displacement.