

УДК 621.891

DOI: 10.18372/0370-2197.2(91).15523

М. В. ЧЕРНЕЦЬ¹, С. В. ФЕДОРЧУК¹, А. О. КОРНІЄНКО¹, А. О. ІЩЕНКО²,
О. В. РАДІОНЕНКО²

¹Національний авіаційний університет, Київ

²Приазовський державний технічний університет, Маріуполь

РОЗРАХУНКОВА ОЦІНКА МАКСИМАЛЬНИХ КОНТАКТНИХ ТИСКІВ У ЦИЛІНДРИЧНІЙ МЕТАЛОПОЛІМЕРНІЙ НАПРЯМНІЙ КОВЗАННЯ З ВТУЛКОЮ З ЕПОКСИДНОГО КОМПОЗИТУ MOGLICE

З використанням попередньо розробленого методу дослідження контактних тисків у циліндричних металополімерних напрямних ковзання проведено їх розрахунок для антифрикційного полімерного композитного матеріалу Moglice холодного затвердіння на епоксидній основі фірми «Diamant». Досліджено вплив навантаження, діаметра втулки і радіального зазору на максимальні контактні тиски у циліндричній напрямній. Виявлено кількісні і якісні закономірності їх зміни від прийнятих чинників впливу: при зростанні навантаження у чотири рази максимальні контактні тиски та кути контакту зростатимуть удвічі незалежно від зміни величин радіального зазору та діаметра основи; збільшення її діаметра призводить до прямопропорційного зниження максимальних контактних тисків; збільшення радіального зазору вдвічі призводить до зростання у 1.41 рази тисків незалежно від зміни величини навантаження і діаметра основи. Закономірності зміни параметрів контакту від вказаних чинників подано графічно.

Ключові слова: циліндричні металополімерні напрямні, антифрикційний полімерний композитний матеріал Moglice, максимальні контактні тиски

Вступ. Напрямні як з плоскими, так і з циліндричними елементами широко застосовують у різноманітному обладнанні та механізмах. Найбільш розповсюдженими в машинобудуванні є напрямні для забезпечення прямолінійного руху деталей. Незважаючи на практичну необхідність проектного розрахунку їх довговічності або зношування на стадії проектування, для циліндричних напрямних ковзання не розроблені відповідні розрахункові методи. Відомі розрахункові методи [1 - 6 та ін.] підшипників ковзання з металевими елементами практично не використовувано для розрахунку контактних тисків у металополімерних напрямних.

Попередньо у працях [7 - 10] наведено метод дослідження підшипників ковзання з металевими елементами, що базується на авторській методології дослідження кінетики зношування матеріалів при терті ковзання, згідно якого у [9, 10] досліджувалась кінетика зношування циліндричних напрямних ковзання з металевими елементами. У металевих підшипниках ковзання та напрямних знаходить застосування широка гама триботехнічних зносостійких матеріалів і покриттів різного виду і призначення [11, 12]. Теж у роботі [13] було проведено розрахунок параметрів контакту і сил тертя в металевих циліндричних напрямних ковзання.

У статті наведено результати оцінки максимальних контактних тисків у металополімерній циліндричній напрямній ковзання з втулкою з полімерного композиту Моглайсе.

Постановка задачі дослідження. Циліндрична напрямна прямолінійного зворотно – поступального руху (рис. 1, а) моделюється пружною основою 2, на якій розташований повзун 3 з неметалевою втулкою 1 (рис. 1, 2).

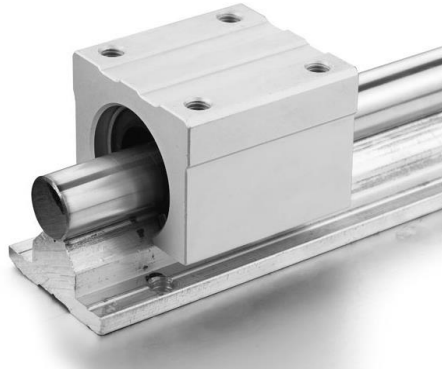


Рис. 1. Циліндрична напрямна ковзання з однією основою

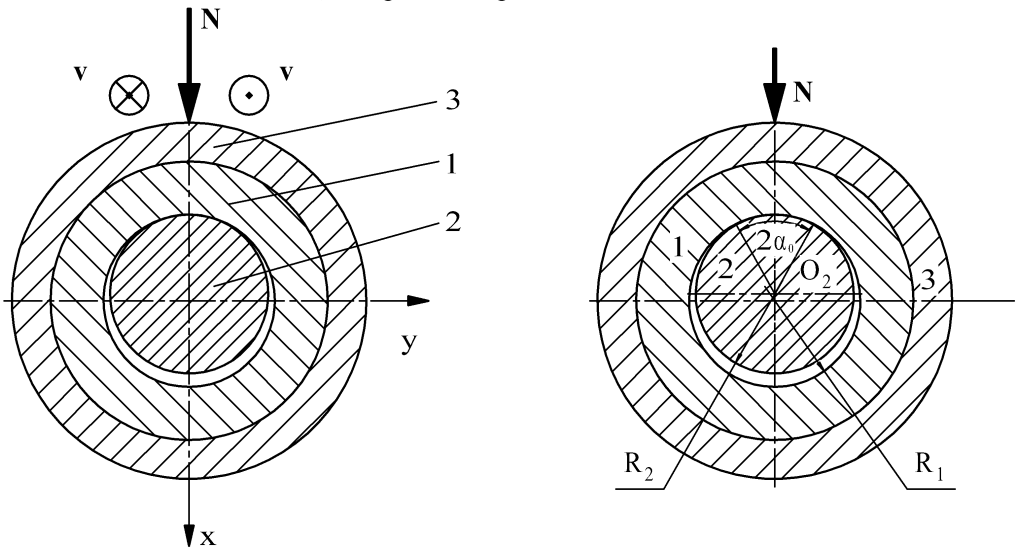


Рис. 2. Схеми циліндричної напрямної ковзання

Між полімерною втулкою 1 з внутрішнім радіусом R_1 і сталеву основою радіусу 2 радіусу R_2 (рис. 2) є радіальний зазор $\varepsilon = R_1 - R_2$. Матеріали напрямної мають різні характеристики пружності та міцності. Повзун 3 знаходиться під впливом робочого зусилля $F = const$, внаслідок чого в області контакту $2\alpha_0$ виникають контактні тиски $p(\alpha)$. Розв'язок задачі проводиться як статичної плоскої контактної задачі теорії пружності для циліндричного з'єднання циліндричних тіл близьких радіусів, яке навантажено зведеною радіальною силою $N = F/l_1$.

Метод її розв'язку наведено у [14].

Результати та аналіз. Дані для розрахунку: зовнішнє навантаження $F = 500, 750, 1000, 2000$ Н; $N = F/l_1 = 5, 7.5, 10, 20$ Н/мм, $l_1 = 100$ мм – довжина втулки, $l_2 = 500$ мм – довжина основи; $\varepsilon = 0.05, 0.075, 0.1$ мм (посадка з зазором H9/d9); $D_2 = 40, 50$ мм. Матеріали напрямної: втулка повзуна: полімерний композит Мо-глайс (таблиця); основа: сталь 45 – $E_2 = 210000$ МПа, $\nu_2 = 0.3$.

Результати розрахунку максимальних контактних тисків $p(0)$ подано на рис. 3, 4. Суцільними лініями зображено графіки для $D_2 = 40$ мм, а штриховими – для $D_2 = 50$ мм.

На рис. 3 подано залежність максимальних контактних тисків $p(0)$ від навантаження N при різних радіальних зазорах ε у з'єднанні.

Таблиця

Фізико-механічні характеристики композиту Моглайс [15]

Характеристики	Розмірність	Значення
Густина	г/см ³	1,7
Модуль пружності	МПа	10400
Коефіцієнт Пуассона	–	0,4
Межа міцності на стискання	МПа	140
Межа міцності на згинання	МПа	60
Коефіцієнт тертя по сталі (зі змазкою)	–	0,08 – 0,095
Твердість по Шору (максимальна)		86
Термостійкість: – короткочасна – тривала	°C	–60...+125 –20 ... +60

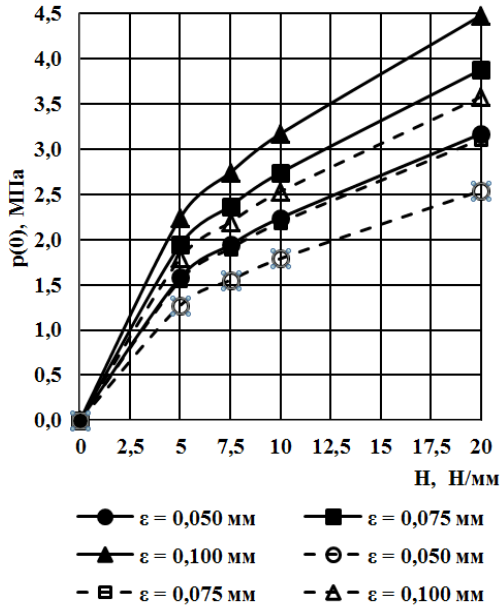


Рис. 3. Вплив навантаження на максимальні контактні тиски

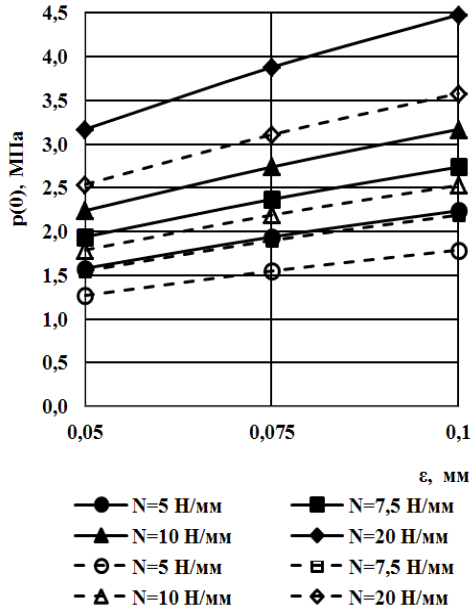


Рис. 4. Вплив радіального зазору на максимальні контактні тиски

Спостерігається практично лінійна залежність $p(0)$ від N при різних радіальних зазорах та обох досліджуваних діаметрах. При зростанні навантаження N у діапазоні 5, 7,5, 10, 20 Н/мм (у 4 рази) максимальні контактні тиски $p(0)$ зростають у 2 рази незалежно від зміни величин радіального зазору ϵ і діаметра D_2 основи напрямної. Збільшення діаметра D_2 основи в 1,25 рази спричиняє пропорційне зниження тисків $p(0)$.

Залежність максимальних контактних тисків $p(0)$ від радіального зазору ϵ при різних навантаженнях N наведена на рис. 4.

При зростанні радіального зазору тиски $p(0)$ збільшуються практично лінійно. Хоча у випадку більшого діаметру ця залежність є близькою до лінійної.

Зростання радіального зазору ε вдвічі призводить до зростання у $\sqrt{2}$ рази тисків $p(0)$ незалежно від зміни величини навантаження N і діаметра D_2 основи.

Висновки. У результаті аналізу проведених обчислень встановлено такі кількісні закономірності впливу навантаження, діаметра втулки та радіального зазору у напрямній на максимальні контактні тиски:

1. При зростанні навантаження N у 4 рази максимальні контактні тиски $p(0)$ зростають у 2 рази незалежно від зміни величин радіального зазору ε і діаметра D_2 основи напрямної.

2. Збільшення діаметра D_2 основи в 1,25 рази спричиняє пропорційне зниження тисків $p(0)$.

Список літератури

1. Горячева И.Г., Добычин Н.М. Контактные задачи в трибологии. – М.: Машиностроение, 1988.
2. Теплый М.И. Определение контактных параметров и износа в цилиндрических опорах скольжения // Трение и износ. – 1987. – № 6. – С. 895-902.
3. Кузьменко А.Г. Развитие методов контактной трибомеханики. – Хмельницкий: ХНУ, 2010.
4. Sorokatyi R.V. Modeling the behavior of tribosystems using the method of triboelements. Journal of Friction and Wear, 2002, 23, 12-18.
5. Sorokatyi R.V., Pisarenko V.G., Dykha M.A. Analysis of Wear Surface Geometry Formation in Plain Bearings with Misaligned Shaft and Bush Axes, Journal of Friction and Wear. - 2013, 34 (4), pp. 274-280.
6. Sorokatyi R.V. Evaluation of efficiency of sliding bearings during reciprocation, Journal of Friction and Wear. 2003, 24, 15-21.
7. Чернец М.В. К вопросу об оценке долговечности цилиндрических трибосистем скольжения с границами, близкими к круговым // Трение и износ. – 1996. – № 3. – С. 340-344.
8. Chernets M.V. A contact problem for a cylindrical joint with technological faceting of the contours of its parts // Materials Science. – 2009. – №6. – pp. 859–868.
9. Чернец М.В. Трибоконтактні задачі для циліндричних з'єднань з технологічною некруглістю. – Люблін: Вид. Люблінської політехніки, 2013. – 274 с.
10. Чернец М., Пашечко М., Невчас А. Методи прогнозування та підвищення зносостійкості триботехнічних систем ковзання. В 3-х томах. Т.1. Дослідження та розрахунок трибосистем ковзання, методи підвищення довговічності і зносостійкості. – Дрогобич: КОЛО, 2001. – 492 с.
11. Чернец М., Пашечко М., Невчас А. Методи прогнозування та підвищення зносостійкості триботехнічних систем ковзання. В 3-х томах. Т.2. Поверхнєве зміцнення конструкційних матеріалів трибосистем ковзання. - Дрогобич: КОЛО, 2001. – 512 с.
12. Чернец М., Пашечко М., Невчас А. Методи прогнозування та підвищення зносостійкості триботехнічних систем ковзання. В 3-х томах. Т.3. Евтектичні зносостійкі покриття. – Дрогобич: КОЛО, 2001. – 236 с.
13. Вельбой В.П., Диха М.О. До розрахунку контактних параметрів і сил тертя в циліндричних напрямних ковзання // Проблеми трибології. – 2016. – № 4. – С. 82 – 88.
14. Чернец М. В., Корнієнко А. О., Федорчук С. В., Іщенко А. О., Радіоненко О. В. Дослідження параметрів контакту у циліндричних металополімерних напрямних ковзання // Проблеми тертя та зношування. – 2021. – №1 (90). – С. 4 – 10.
15. Ищенко А.А., Радионенко А.В., Ищенко Е.А. Исследование и применение полимерного материала «моглайс» для восстановления направляющих поверхностей салазок суппортов металлорежущих станков // Проблеми тертя та зношування. – 2014. – №1 (62). – С. 23 – 29.

M. V. CHERNETS, S. V. FEDORCHUK, A. O. KORNIENKO, A. O. ISCHENKO,
O. V. RADIONENKO

CALCULATION ESTIMATION OF MAXIMUM CONTACT PRESSURES IN CYLINDRICAL METAL POLYMER SLIDING GUIDE WITH BUSHING MADE OF MOGLICE EPOXY COMPOSITE

Using the developed method of research of contact pressures in cylindrical metal-polymer sliding guides their calculation was carried out for the antifriction polymer composite material Moglice of cold hardening on epoxy basis of Diamant company. The influence of load, bushing diameter and radial clearance on the maximum contact pressures in the cylindrical guide is investigated. Quantitative and qualitative regularities of their change from the accepted factors of influence are revealed: at increase of loading four times the maximum contact pressures and contact angles will increase twice irrespective of change of sizes of a radial clearance and diameter of a basis; an increase in its diameter leads to a directly proportional decrease in the maximum contact pressures; doubling the radial clearance leads to a 1.41-fold increase in pressure, regardless of changes in the magnitude of the load and the diameter of the base. Regularities of change of contact parameters from the specified factors are given graphically.

Keywords: cylindrical metal-polymer guides, antifriction polymer-composite material Moglice, maximum contact pressures

References

1. Gorjacheva I.G., Dobychin N.M. Kontaktnye zadachi v tribologii. – M.: Mashinostroenie, 1988.
2. Teplyj M.I. Opredelenie kontaktnykh parametrov i iznosa v cilindricheskikh oporakh skol'zhenija // Trenie i iznos. – 1987.– 6. – S. 895–902.
3. Kuz'menko A.G. Razvitie metodov kontaktnoj tribomehaniki. – Hmel'nickij: HNU, 2010.
4. Sorokatyj R.V. Modeling the behavior of tribosystems using the method of triboelements. Journal of Friction and Wear, 2002, 23, 12–18.
5. Sorokatyj R.V., Pisarenko V.G., Dykha M.A. Analysis of Wear Surface Geometry Formation in Plain Bearings with Misaligned Shaft and Bush Axes, Journal of Friction and Wear. – 2013, 34 (4), pp. 274–280.
6. Sorokatyj R.V. Evaluation of efficiency of sliding bearings during reciprocation, Journal of Friction and Wear. 2003, 24, 15-21.
7. Chernec M.V. K voprosu ob ocenke dolgovechnosti cilindricheskikh tribosistem skol'zhenija s granicami, blizkimi k krugovym // Trenie i iznos. – 1996. –№ 3. – S. 340–344.8. Chernets M.V. A contact problem for a cylindrical joint with technological faceting of the contours of its parts // Materials Science. – 2009. –№ 6. – pp. 859–868.
8. Chernets M.V. A contact problem for a cylindrical joint with technological faceting of the contours of its parts // Materials Science. – 2009. –№ 6. – pp. 859–868.
9. Chernets M.V. Trybokontaktni zadachi dlia tsylindrychnykh ziednan z tekhnolohichnoiu nekruhlistiu. – Liublin: Vyd. Liublińskiej politekhniki, 2013. – 274 s.
10. Chernets M., Pashechko M., Nevchas A. Metody prohnozuvannia ta pidvyshchennia zno-sostiikosti trybotekhnichnykh system kovzannia. V 3-kh tomakh. T.1. Doslidzhennia ta rozrakhunok trybosystem kovzannia, metody pidvyshchennia dovhovichnosti i znosostiikosti. – Droho-bych: KOLO, 2001.– 492 s.
11. Chernets M., Pashechko M., Nevchas A. Metody prohnozuvannia ta pidvyshchennia zno-sostiikosti trybotekhnichnykh system kovzannia. V 3-kh tomakh. T.2. Poverkhneve zmitsnennia konstruktsiinykh materialiv trybosystem kovzannia. - Drohobyh: KOLO, 2001. – 512 s.
12. Chernets M., Pashechko M., Nevchas A. Metody prohnozuvannia ta pidvyshchennia zno-sostiikosti trybotekhnichnykh system kovzannia. V 3-kh tomakh. T.3. Evtektychni znosostiiki pokryttia. – Drohobyh: KOLO, 2001. – 236 s.

-
13. Velboi V.P., Dykha M.O. Do rozrakhunku kontaktnykh parametriv i syl tertia v tsylindrychnykh napriamnykh kovzannia // Problemy trybolohii. –2016. – № 4. – S. 82 – 88.
14. Chernets M. V., Korniienko A. O., Fedorchuk S. V., Ishchenko A. O., Radionenko O. V. Doslidzhennia parametriv kontaktu u tsylindrychnykh metalopolimernykh napriamnykh kov-zannia // Problemy tertia ta znoshuvannia. – 2021. – №1 (90). – S. 4 – 10.
15. Ishhenko A.A., Radionenko A.V., Ishhenko E.A. Issledovanie i primenenie polimernogo materiala «moglajs» dlja vosstanovlenija napravljajushhih poverhnostej salazok supportov metallovezhushhih stankov // Problemi tertja ta znoshuvannja. – 2014. – №1 (62). – S. 23 – 29.

Чернець Мирон Васильович – д-р техн. наук, професор, головний науковий співробітник Національного авіаційного університету, пр-т Любомира Гузара, 1, Київ, Україна, 03058, myron.czerniec@gmail.com.

Федорчук Світлана Володимирівна – старший викладач кафедри машинознавства стандартизації та сертифікації, Національний авіаційний університет, пр-т Любомира Гузара, 1, Київ, Україна, 03058.

Корнієнко Анатолій Олександрович – канд. техн. наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри машинознавства стандартизації та сертифікації Національного авіаційного університету, пр-т Любомира Гузара, 1, Київ, Україна, 03058.

Іщенко Анатолій Олексійович - д-р техн. наук, професор кафедри «Механічне обладнання заводів чорної металургії», ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», вул. Університетська 7, Маріуполь, Україна, 87555.

Радіоненко Олександр Васильович - канд. техн. наук, доцент кафедри «Технологія машинобудування» ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», вул. Університетська 7, Маріуполь, Україна, 87555.