

BEARING SELECTION FOR HEAVY LOADED SHAFTS AND GEAR SETS⁸

Assist. Prof. Svetoslav Babanov

Department of Machine Science, Machine Elements, Engineering Graphics and Physics,
“Angel Kanchev” University of Ruse

Tel.: +359 899 139 926

E-mail: snbabanov@uni-ruse.bg

Prof. Antoaneta Dobрева, PhD

Department of Machine Science, Machine Elements, Engineering Graphics and Physics,
“Angel Kanchev” University of Ruse

Phone: + 359 887 746 311

E-mail: adobreva@uni-ruse.bg

Abstract: The paper examines the process of selecting appropriate rolling bearings for heavy loaded shafts and gear sets. The main criteria for selecting bearings have been briefly summarized. The authors' team suggests some additional criteria for bearing evaluation and selection. The supplemental criteria have been introduced concerning some important practical applications in heavy loaded mechanical systems. Conclusions and recommendations are made regarding the most appropriate selection of bearings for specific industrial applications.

Keywords: Bearings, Selection procedure, Heavy Loaded Shafts, Gear sets.

ВЪВЕДЕНИЕ

Изборът на лагери при тежко натоварени валове и предавки е основен етап при проектирането на надеждни технически системи. Неправилният подпор на търкалящ лагер може да доведе до преждевременно износване, прекомерни вибрации и до повреда на други елементи от системата.

Представеното изследване има за цел да анализира методиката за избор на търкалящи лагери, работещи при тежко натоварени валове и предавки, и да предложи допълнителни критерии и етапи за избор на лагери на базата на анализ на техническите и експлоатационни параметри.

ОСОБЕНОСТИ НА МЕТОДИКИТЕ ЗА ИЗБОР НА ЛАГЕРИ ПРИ ТЕЖКОНАТОВАРЕНИ ВАЛОВЕ И ПРЕДАВКИ

Методиките за избор на лагери най-често се базират на следните етапи: анализ на условия на работа на лагера, вид и разположение на лагера, изисквания за трайност, дефиниране на размер на лагера, големина и посока на натоварването, определяне на вида на смазване, уточняване на работните температури и скорости.

Освен това, тези методика включват и анализ на допълнителни фактори, които трябва да се отчитат: уточнен избор на смазочния материал, монтаж върху вала и в корпуса, уплътнения на лагери, начини на монтаж и поддръжка. Изборът на подходящ лагер зависи основно от вида на натоварванията, скоростта на въртене, от условията на работа (температура, замърсяване, смазване).

Интересно изследване на тежко натоварени лагери в планетни предавки е представено в (Keller, J., Guo, Y., Zhang, Z. & Lucas, D., 2018). Сравняват се два вида лагери: цилиндрични ролкови лагери с хлабина и предварително напрегнати конусни ролкови лагери.

⁸ Докладът е представен в секция „Транспорт и Машинознание“ на 25 октомври 2024 с оригинално заглавие на български език: ИЗБОР НА ЛАГЕРИ ПРИ ТЕЖКО НАТОВАРЕНИ ВАЛОВЕ И ПРЕДАВКИ

Авторите твърдят, че е постигнато значително подобрене в разпределянето на натоварването в планетната предавка при лагерите с конусни ролки.

Много често анализът на режима на натоварване в зъбни предавки със специално предназначение се извършва с помощта на ANSYS, както е представено в (Korka, C. & Miclosina, O., 2018) и (Wang, Z., Lin, J., He, Z. & Yang, X., 2015).

Режимите на натоварване и особеностите при избор на подходящи лагери в сложни планетни предавки са изследвани от авторите на (Kiracofe, R. & Parker, R., 2007) и (Guo, Y. & Parker, R., 2010).

Специфични особености в процедурите за избор на лагери при тежко натоварени валове и предавки са разгледани подробно в (Kamenov, K. et al, 2016 & 2017), (Ronkova, V. & Dobрева, A., 2023) и в (Ronkova, V., 2020 & 2021).

ДОПЪЛНИТЕЛНИ ЕТАПИ ПРИ ИЗБОР НА ЛАГЕРИ, РАБОТЕЩИ ПРИ ВИСОКИ ТЕМПЕРАТУРИ И СЛОЖНО ДИНАМИЧНО СЪСТОЯНИЕ

На базата на професионалния опит на авторите и на съществуващите бази от данни в каталозите на фирми, произвеждащи лагери, се предлагат три различни модифицирани методики за избор на лагери, работещи при високи температури и сложно динамично състояние.

И трите варианти на усъвършенстваните методики се базират на задължителните етапи при избор на всички видове лагери според (SKF, 2018).

„Модифицирана методика 1“ включва няколко допълнителни етапи при избор на лагери, работещи при сложно динамично състояние и при работна температура над 60°C, посочени в Табл. 1.

Таблица 1. Модифицирана методика 1

№	Задължителни етапи при всички видове лагери	Допълнителни етапи
1	Анализ на условията на работа	
2	Първоначален избор на вида на лагерите и начина на закрепването им към вала	
3	Определяне на размера на лагерите	3.1. Уточнено определяне на минимално натоварване на базата на вискозитета на смазващото вещество
		3.2. Уточнено определяне на трайността с отчитане влиянието на вискозитета и въвеждане на допълнителен фактор, отчитащ замърсяването
4	Избор на смазване	4.1. Анализ на влиянието на различни видове смазочно вещество в зависимост от размерите на лагера и от оборотите
		4.2. Използване на подходящи диаграми
5	Определяне на сглобките	
6	Уплътнения, монтаж и демонтаж	
7		Анализ на влиянието на работната температура и на скоростта
8		Изследване на възможностите за създаване нов тип лагер

При предложената „Модифицирана методика 1“, допълнителни етапи отчитат влиянието на вида на смазване на лагерите, вискозитета на смазочното вещество, замърсяването и стойностите на работната температура.

Въведени са два изцяло нови етапа, в рамките на които се извършва анализ на влиянието на работната температура и скоростта и се изследват възможностите за създаване на нов тип лагер.

В Табл. 2 е предложена „Модифицирана методика 2“, която посочва задължителните и допълнителни етапи при избор на лагери, работещи при сложно динамично състояние, при работна температура над 60°C и при големи дължини на валове.

Таблица 2. Модифицирана методика 2

№	Задължителни етапи при всички видове лагери	Допълнителни етапи
1	Анализ на условията на работа	
2	Първоначален избор на вида на лагерите и начина на закрепването им към вала	
3	Определяне на размера на лагерите	3.1. Уточнено определяне на влиянието на вискозитета и въвеждане на допълнителен фактор, отчитащ замърсяването
		3.2. . Определяне на фактор, модифициращ трайността на лагера
4	Избор на смазване	4.1. Уточнен избор на смазочно вещество с отчитане на влиянието на вискозитета
		4.2. Определяне на интервал на смазване и на количеството смазочно вещество
		4.3. Определяне на първоначалното количество смазващо вещество
5	Определяне на сглобките	Осигуряване на допълнителни указания за монтаж на лагерите към вала
6	Уплътнения, монтаж и демонтаж	Изработване на резбови отвори за улесняване на демонтажа на лагерното тяло
7		Анализ на влиянието на работната температура и на скоростта

Големите дължини на валове водят до значителни деформации. В тези случаи се препоръчват избора на самонагаждащи се лагери, които ще бъдат в състояние да компенсират съответните несъосности.

Разработената „Модифицирана методика 3“ разглежда особеностите при избор на радиално-аксиални лагери, работещи при сложно динамично състояние и при работна температура над 80°C.

Към задължителния трети етап (при определяне на размера на лагерите) са предложени допълнително: уточнено определяне на трайността, отчитане на влиянието на вискозитета и въвеждане на допълнителен фактор, отчитащ замърсяването.

Счита се за уместно задължителният шести етап (уплътнения, монтаж и демонтаж) да включи и осигуряване на допълнителни указания за монтаж на лагерите на вала и за гарантиране на добра съосност.

Въвеждат се два нови етапа: анализ на влиянието на работната температура и скоростта; уточнено изчисляване на хлабините в лагерите при високи работни температури.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представено е изследване върху етапите при избор на лагери. Създадени са представени три модифицирани и усъвършенствани методики за тежко натоварени валове и предавки. Обосновано е въвеждането на нови етапи в представените модифицирани методики.

Установено е, че бъдещата работа на авторите може да бъде насочена към разработване на по-усъвършенствани модели за симулиране на поведението на тежко натоварени лагери при различни работни условия, включително ефектите на вибрациите и температурните изменения. Това би позволило по-точно прогнозиране на трайността на лагерите и би подобрило надеждността на цялостната конструкция на техническата система.

REFERENCES

- Guo, Y. & Parker, R. (2010). Purely Rotational Model and Vibration Modes of Compound Planetary Gears, *Mech. & Mach. Theory*, 45, 365-377
- Kamenov, K., Dobрева, A., Ronkova, V., (2017). Advanced Engineering Methods in Design and Education. *Material Science and Engineering, IOP Publishing*, 2017, No 252, pp. 012033 - 37, ISSN 1757 - 8981.
- Kamenov, K., Dobрева, A. & Ronkova, V. (2016). Interactive Technologies and New Teaching Models in Engineering Design based upon Multimedia Tools and Mobile Applications. *Fullpapers E-Book/ 4th World Congress on Education Research (WCER2016)*, No 1, pp. 90-95, ISSN 2258-6987.
- Keller, J., Guo, Y., Zhang, Z. & Lucas, D. (2018). Comparison of planetary bearing load-sharing characteristics in wind turbine gearboxes. *Wind Energ. Sci.*, 3, 947–96021(1), 97-116
- Kiracofe, R. & Parker, R. (2007). Structured Vibration Modes of General Compound Planetary Gear Systems, *J. of Vib. & Acoustics*, 129, 1-16
- Korka, C. & Miclosina, O. (2018). Shape Improvement of a Gearbox Housing Using Modal Analysis, *RJAV*, 15 (1)
- Ronkova, V., Dobрева, A., (2023). Smart Design of Core Components in Engineering Education. *Proceedings of the 34th DAAAM International Symposium*, pp. 0121-0127, ISBN: 978-3-902734-41-9.
- Ronkova, V. (2021). Contemporary Methods of Training in Engineering Graphics. *Proceedings of the University of Ruse*, Vol. 60 (4.1), pp. 21-26, ISSN: 1311-3321.
- Ronkova, V. (2020). Development of Engineering Graphics Education in Higher Schools, *Ruse University Publishing Center*, 127, ISBN: 978-954-712-798-2 (Оригинално заглавие: Ронкова, В., (2020). Развитие на обучението по Инженерна графика във висшите училища, Издателство печатна база на Русенски университет, 127, ISBN: 978-954-712-798-2).
- SKF (2018). Rolling bearings catalogue, 1-1152
- Wang, Z., Lin, J., He, Z. & Yang, X. (2015). Vibration Characteristics Analysis of Vertical Mill Reducer. In. *Conf. on Automation, Mechanical Control and Computational Engineering, AMCCE*.