

УДК 621.01

Еремьянц В.Э., Чинбаев О.К., Шаршеев Ф.Т.

КРСУ им. Б.Ельцина,
ИГУ им. К. Тыныстанова

ВЛИЯНИЕ ТИПА ШАРИКОВОГО ПОДШИПНИКА НА ЖЕСТКОСТЬ ОПОРЫ КОРОМЫСЛА УДАРНОГО МЕХАНИЗМА

В данной статье проведено исследование коэффициента жесткости опорного узла коромысла с радиальными шариковыми подшипниками и приведена таблица для выбора соответствующего шарикоподшипника особо легкой, легкой, средней и тяжелой серии.

При расчете динамических нагрузок, возникающих в опоре коромысла кривошипно-коромыслового ударного механизма, необходимо знать приведенный коэффициент жесткости опорного узла. В общем случае этот коэффициент учитывает жесткость подшипников и жесткость оси коромысла.

Методика определения приведенного коэффициента жесткости опорного узла коромысла с радиальными шариковыми подшипниками изложена в работе [1]. В соответствии с этой работой коэффициент жесткости подшипника при различном расположении шариков относительно действующей нагрузки (рис. 1) определяется по одной и той же формуле:

$$c = \frac{3,34 z k_B^{2/3}}{1 + \sqrt[3]{r_1 / r_2}} T_m^{1/3}, \quad (1)$$

где

$$k_B = \frac{2E}{3(1-\mu^2)} \sqrt{\frac{r_1 r_3}{r_1 + r_3}}, \quad (2)$$

E , μ – модуль упругости и коэффициент Пуассона для материала подшипника; r_1 , r_2 – соответственно радиусы контактных поверхностей внутреннего и наружного колец подшипника (рис. 1); r_3 – радиус шарика; z – количество шариков в подшипнике; T_m – максимальное значение радиальной силы, действующей на подшипник.

Задачей данной работы являлось установление с помощью формул (1), (2) зависимости коэффициента жесткости радиального шарикового подшипника от его типа и внутреннего диаметра. Для решения поставленной задачи запишем формулу (1) в виде:

$$c = k_n T_m^{1/3}, \quad (3)$$

где

$$k_n = \frac{3,34(zk_B)^{2/3}}{b_n}, \quad b_n = 1 + \sqrt[3]{r_1 / r_2} \quad (4)$$

и определим влияние типоразмера шарикового подшипника на величину коэффициента k_n при постоянном значении максимальной силы T_m .

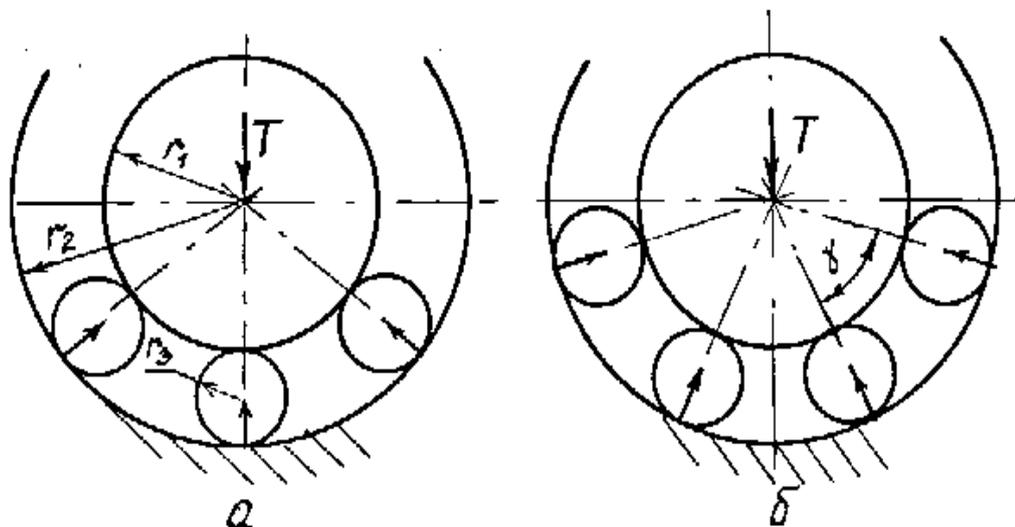


Рис. 1. Расчетная схема к определению коэффициента жесткости радиального шарикового подшипника.

В каталогах на подшипники приводятся следующие параметры [2]: внутренний диаметр подшипника – d (мм); внешний диаметр подшипника – D (мм); диаметр тел качения d_3 (мм); число тел качения – z .

По этим параметрам, принимая, что кольца подшипника имеют одинаковую толщину, можно рассчитать:

– радиус окружности, проходящей через центры тел качения:

$$\rho = (D + d) / 4;$$

– радиус тела качения:

$$r_3 = d_3 / 2;$$

– радиус поверхности внутреннего кольца, контактирующей с телом качения:

$$r_1 = \rho - r_3;$$

– радиус поверхности внешнего кольца, контактирующей с телом качения:

$$r_2 = \rho + r_3;$$

По этим данным, используя формулы (2), (4), можно последовательно найти значения коэффициентов k_B , b_n , k_n . Результаты такого расчета приведены в таблице и на рис. 2, где цифры 1, 2, 3, 4 в крайнем левом столбце таблицы и в обозначениях кривых на рисунке соответствуют шарикоподшипникам особо легкой, легкой, средней и тяжелой серии [2].

Таблица

Тип подшипника	d , мм	D , мм	r_3 , мм	z	ρ , мм	r_1 , мм	r_2 , мм	b_n	$k_B \cdot 10^{-9}$, Н/м ^{3/2}	$k_n \cdot 10^{-6}$, Н ^{3/2} /м
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	100	10	26	2,380	7	9,0	6,620	11,38	1,835	6,253
	104	20	42	3,175	9	15,5	12,325	18,675	1,871	7,509

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

1	106	30	55	3,570	11	21,25	17,680	24,82	1,893	8,145	35,327
	108	40	68	3,970	12	27,0	23,030	30,97	1,906	8,697	38,843
	110	50	80	4,365	12	32,5	28,135	36,865	1,914	9,187	40,120
	112	60	95	5,555	12	38,75	33,195	44,305	1,908	10,310	43,461
	114	70	110	6,150	13	45,0	38,850	51,150	1,912	10,890	47,448
	116	80	125	6,750	14	51,25	44,500	58,0	1,915	11,441	51,440
	118	90	140	7,150	15	57,5	50,350	64,65	1,920	11,825	54,918
	120	100	150	7,150	15	62,5	55,350	69,65	1,926	11,892	54,953
2	200	10	30	2,975	6	10,0	7,025	12,975	1,815	6,832	21,878
	204	20	47	3,970	8	16,75	12,780	20,72	1,851	8,225	29,409
	206	30	62	4,765	9	23,0	18,235	27,765	1,869	9,186	33,914
	208	40	80	6,350	9	30,0	23,650	36,35	1,867	10,574	37,288
	210	50	90	6,350	10	35,0	28,650	41,35	1,885	10,775	40,120
	212	60	110	7,940	10	42,5	34,560	50,44	1,882	12,009	43,196
	214	70	125	8,730	10	48,75	40,020	57,48	1,886	12,652	44,630
	216	80	140	9,525	10	55,0	45,475	64,525	1,890	13,263	45,958
	218	90	160	11,115	10	62,5	51,385	73,615	1,887	14,287	48,370
	220	100	180	12,70	10	70,0	57,300	82,70	1,885	15,238	50,548
3	300	10	35	3,570	7	11,25	7,680	14,82	1,803	7,378	25,690
	304	20	52	4,765	7	18,0	13,235	22,765	1,835	8,846	28,488
	306	30	72	6,150	8	25,5	19,350	31,65	1,849	10,209	34,005
	308	40	90	7,540	8	32,5	24,960	40,04	1,854	11,373	36,442
	310	50	110	9,525	8	40,0	30,475	49,525	1,851	12,731	39,352
	312	60	130	11,115	8	47,5	36,385	58,615	1,853	13,790	41,461
	314	70	150	12,70	8	55,0	42,300	62,70	1,877	14,770	42,848
	316	80	170	14,290	8	62,5	48,210	76,79	1,856	15,691	45,115
	318	90	190	15,875	8	70,0	54,125	85,875	1,857	16,558	46,736
	320	100	215	18,255	8	78,75	60,495	97,005	1,854	17,698	48,936
4	406	30	90	9,525	6	30,0	20,475	39,525	1,803	12,050	32,148
	408	40	110	11,115	6	37,5	26,385	48,615	1,816	13,216	33,947
	410	50	130	12,7	7	45,0	32,300	57,70	1,824	14,269	39,410
	412	60	150	14,29	7	52,5	38,210	66,79	1,830	15,241	41,056
	414	70	180	17,465	7	62,5	45,035	79,965	1,826	16,765	43,845
	416	80	200	19,05	7	70,0	50,950	89,050	1,830	17,598	45,186

Из полученных графиков видно, что подшипники особо легкой серии обладают большим коэффициентом жесткости по сравнению с подшипниками других серий. Это можно объяснить большим количеством тел качения в этих подшипниках.

Подшипники остальных серий: легкой, средней и тяжелой имеют примерно

одинаковые коэффициенты жесткости, особенно при внутреннем диаметре подшипника, изменяющемся в пределах от 50 до 100 мм. В этом диапазоне расхождение в коэффициентах жесткостей различных подшипников не превышает 5% и зависимость этого коэффициента от внутреннего диаметра подшипника с погрешностью, не превышающей 3%, может быть описана линейной функцией:

$$k_n = (28 + 0,22 d) \cdot 10^{-6},$$

где d – внутренний диаметр подшипника в мм.

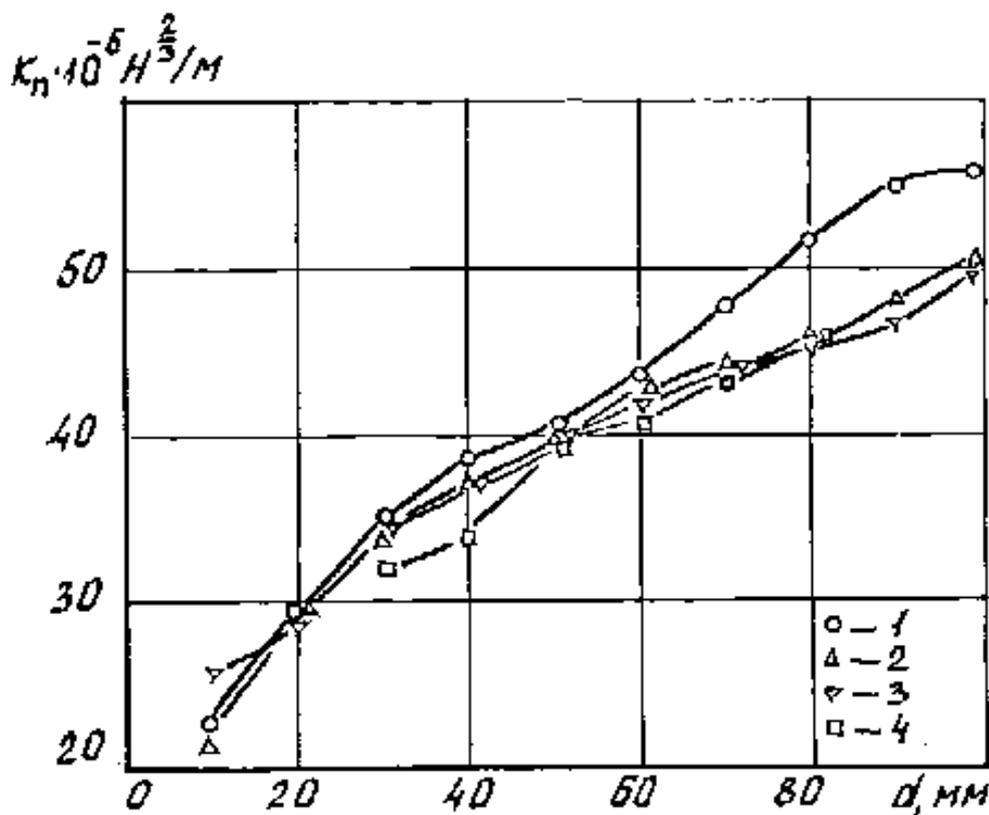


Рис. 2. Диаграммы зависимости коэффициента k_B от внутреннего диаметра шариковых радиальных подшипников различных серий:
1 – особо легкой, 2 – легкой, 3 – средней, 4 – тяжелой.

Эта же зависимость для подшипников второй и третьей серий с диаметрами подшипников 30 и 40 мм дает погрешность не превышающую 2%, а для подшипников четвертой серии – 9%.

При диаметре подшипника 20 мм коэффициент k_n для подшипников всех серий 1 – 4 можно принимать равным $(29 \pm 0,5) \cdot 10^{-6} \text{ Н}^{2/3}/\text{м}$.

Литература:

1. Еремьянц В.Э., Хренова М.В. Определение приведенного коэффициента жесткости опорного узла коромысла ударного механизма. //Повышение эксплуатационной эффективности транспортных, строительно-дорожных машин и коммуникаций в условиях высокогорья и жаркого климата. Материалы международной научн.-практ. конф. – Бишкек: КГУСТА, 2002. – С. 97–104.

2. Анурьев В.И. Справочник конструктора машиностроителя. В 3-х томах. Т. 2. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1978. – 559 с.