

Министерство образования и науки Самарской области

государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
Самарской области «Усольский сельскохозяйственный техникум»

Дисциплина ОПД 02 Техническая механика

Курс 2 группа 21 м

Преподаватель Евдокимов В.Н [evdokimov412@yandex.ru](mailto:evdokimov412@yandex.ru)

Урок № 109-110 Дата 05.05.2020 г

**Тема :**

**Подшипники качения. Общие сведения. Классификация, область применения и обозначение подшипников качения.**

*Подшипники качения, как и подшипники скольжения, предназначены для поддержания вращающихся осей и валов.*

Подшипники качения – это опоры вращающихся или качающихся деталей, использующие элементы качения (шарики или ролики) и работающие на основе трения качения.

Электродвигатели, подъемно-транспортные и сельскохозяйственные машины, летательные аппараты, локомотивы, вагоны, металлорежущие станки, зубчатые редукторы и многие другие механизмы и машины в настоящее время немыслимы без подшипников качения. В настоящее время подшипники качения являются основным видом опор в машиностроении. Это самые массовые стандартизованные изделия в мире. Их изготавливают на специализированных подшипниковых заводах с наружным диаметром 1,0... 2600 мм и массой 0,5 г... 3500 кг. Самый большой подшипник качения имеет наружный диаметр – 14 м, внутренний – 12 м и массу – 130 тонн. Отечественная промышленность производит свыше 15 тыс. типоразмеров подшипников с внутренними посадочными диаметрами от 0,5 мм до 2 м и более общим количеством до миллиарда штук ежегодно.

Подшипник качения имеет, как правило, более сложную конструкцию в сравнении с подшипником скольжения и, в подавляющем большинстве случаев, является готовым (то есть изготовленным на специализированном предприятии) изделием, устанавливаемым в механизм или машину без какой-либо дополнительной доработки.

Подшипники качения состоят из двух колец — внутреннего 1 и наружного 3, имеющих дорожки качения, тел качения 2 (шариков, роликов или иголок) и сепаратора 4, разделяющего тела качения (рис. 1, а). Однако при необходимости снижения радиальных габаритов подшипниковых узлов одно или оба кольца подшипников, а также сепаратор могут отсутствовать. В этом случае тела качения катятся непосредственно по канавкам (дорожкам качения) вала или корпуса. В зависимости от формы тел качения различают подшипники шариковые (рис. 1б, в, г, ж, и) и роликовые (рис. 1в, г, е, з, к). Разновидностью роликовых подшипников являются игольчатые подшипники (рис. 1, д).

Основными элементами подшипников качения являются тела качения — шарики или ролики, установленные между кольцами и удерживаемые сепаратором на определенном расстоянии друг от друга.

Роликовые тела качения бывают короткие  $l/d = 1 \dots 1,25$ , длинные  $l/d = 2 \dots 2,5$ , игольчатые  $l/d = 10 \dots 20$ .

Внутреннее кольцо устанавливается на валу (оси), а наружное - в корпусе. Таким образом, цапфа вала и корпус разделяются телами качения. Это позволяет заменить трение скольжения трением качения и существенно снизить коэффициент трения. Основные стандартные размеры подшипника:  $d$  и  $D$  - внутренний и наружный диаметры;  $B$  - ширина колец.

Размеры подшипника - внутренний  $d$  и наружный  $D$  диаметры, ширина  $B$  (высота  $H$ ) и радиусы  $r$  фасок колец - установлены ГОСТ 3478-79. Подшипники качения в диапазоне внутренних диаметров 3...10 мм стандартизованы через 1 мм, до 20 мм – через 2...3 мм, до 110 мм – через 5 мм.

Подшипниковые узлы, кроме подшипников качения, имеют корпус с крышками, устройства для крепления колец, защитные и смазочные устройства.

### ***Материалы подшипников качения.***

Материалы подшипников качения назначаются с учётом высоких требований к твёрдости и износостойкости колец и тел качения. Здесь используются шарикоподшипниковые высокоуглеродистые хромистые стали ШХ15 и ШХ15СГ, а также цементируемые легированные стали 18ХГТ и 20Х2Н4А. Твёрдость колец и роликов обычно  $HRC\ 60 \dots 65$ , а у шариков немного больше –  $HRC\ 62 \dots 66$ , поскольку площадка контактного давления у шарика меньше. Сепараторы изготавливают из мягких углеродистых сталей либо из антифрикционных бронз для высокоскоростных подшипников. Широко внедряются сепараторы из дюралюминия, металлокерамики, текстолита, пластмасс. Сепараторы высокоскоростных подшипников называют **массивными** и выполняют из текстолита, фторпласта, латуни, бронзы с предпочтительным центрированием их по наружному кольцу ПК.

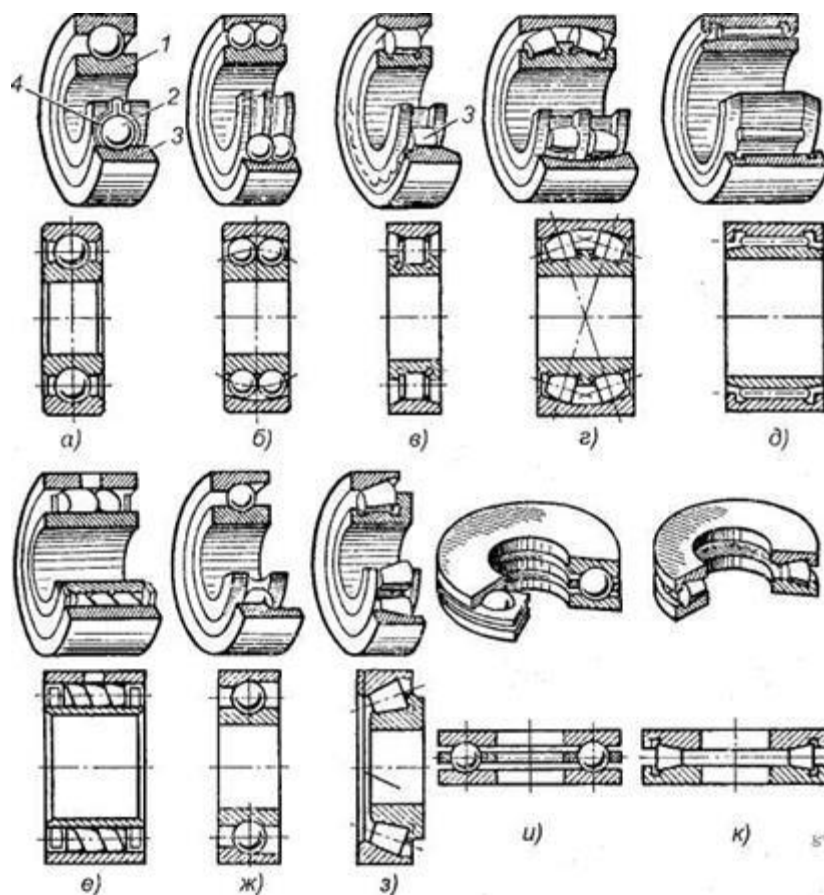
В особых условиях хорошо зарекомендовали себя *керамические подшипники* из нитрида кремния  $Si_3N_4$  ( $E = 3,1 \cdot 10^5$  МПа;  $\rho = 3,2$  г/см<sup>3</sup>;  $H = 80$  HRC;  $t^\circ$  до 1200°C;  $\alpha_t$  в 4 раза меньше, чем у стали). Но материал очень хрупкий. Практика показала, что лучше иметь комбинированные ПК: стальные кольца и керамические тела качения.

*Для обеспечения нормальной и долговечной работы* подшипников качения к качеству их изготовления и термической обработке тел качения и колец предъявляют высокие требования.

Подшипники качения в отличие от подшипников скольжения стандартизованы. Подшипники качения различных конструкций (диапазон наружных диаметров 1,0-2600 мм, масса 0,5-3,5 т, например, микроподшипники с шариками диаметром 0,35 мм и подшипники с шариками диаметром 203 мм) изготавливают на специализированных подшипниковых заводах.

### ***Классификация подшипников качения.***

Выпускаемые в СНГ подшипники качения классифицируют *по направлению воспринимаемой нагрузки, в соответствии с ГОСТ 3395-75 — радиальные, радиально-упорные, упорно-радиальные и упорные.*



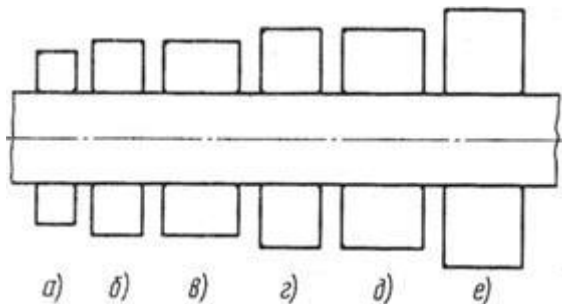
**Рис. 1. Подшипники качения: а, б, в, г, д, е — радиальные подшипники; ж, з — радиально-упорные подшипники; и, к — упорные подшипники; 1 — внутреннее кольцо; 2 — тело качения; 3 — наружное кольцо; 4 — сепаратор**

Радиальные подшипники (см. рис. 1, а-е) воспринимают (в основном) радиальную нагрузку, т. е. нагрузку, направленную перпендикулярно к геометрической оси вала.

Упорные подшипники (см. рис. 1, и, к) воспринимают только осевую нагрузку.

Радиально-упорные (см. рис. 1, ж, з) и упорно-радиальные подшипники могут одновременно воспринимать как радиальную, так и осевую нагрузку. При этом упорно-радиальные подшипники предназначены для преобладающей осевой нагрузки.

В зависимости от соотношения радиальных габаритных размеров (рис.1.1) наружного и внутреннего диаметров подшипники делят на серии (7 серий, при  $d = \text{const}$ ,  $D = \text{var}$ ): сверхлегкую, особо легкую, легкую, среднюю, тяжелую, легкую широкую, среднюю широкую. Основное распространение имеют легкие и средние узкие серии.



**Рис. 1.1. Размерные серии подшипников качения: а- особо легкая; б –легкая; в – легкая широкая; г- средняя; д – средняя широкая; е -тяжелая**

по ширине (5 серии, при  $d$  и  $D - \text{const}$ ,  $B(T) - \text{var}$ ): особоузкие, узкие, нормальные, широкие и особо широкие.

В зависимости от серии при одном и том же внутреннем диаметре кольца подшипника наружный диаметр кольца и его ширина изменяются.

Точность подшипников качения определяется:

- а) точностью основных размеров;
- б) точностью вращения.

Точность основных размеров определяется отклонениями размеров внутреннего и наружного диаметров и ширины кольца. Отклонения размеров диаметров определяет характер посадки.

Точность вращения характеризуется радиальным и боковым биением дорожки качения. В РФ подшипники качения выпускаются следующих классов в порядке возрастания точности:

По классам точности подшипники различают следующим образом (по ГОСТ 520-89):

"0" – нормального класса (радиальное биение внутреннего кольца 20 мкм);

"6" – повышенной точности (радиальное биение внутреннего кольца 10 мкм);

"5" – высокой точности (радиальное биение внутреннего кольца 5 мкм);

"4" – особовысокой точности (радиальное биение внутреннего кольца 3 мкм);

"2" – сверхвысокой точности (радиальное биение внутреннего кольца 2,5 мкм);

8 и 7 – грубые ниже 0;

6X – только для роликовых конических подшипников.

При выборе класса точности подшипника необходимо помнить о том, что "чем точнее, тем дороже". Для иллюстрации соотношения точности подшипников разных классов и их стоимости ниже приведены максимальные величины радиальных биений внутренних колец подшипников с посадочными диаметрами 50...80 мм и относительная стоимость подшипников.

Класс точности	0	6	5	4	2
Биение, мкм	20	10	5	4	2,5
Относительная стоимость	1	1,3	2	4	10

В связи с тем, что при повышении точности изготовления подшипников резко возрастает их стоимость, для большинства редукторов общего назначения применяют подшипники 0 класса точности.

Подшипники более высоких классов точности назначают для валов, требующих особой точности вращения (шпинделей металлорежущих станков, валов и осей приборов и т.п.), или при наличии жестких требований к уровню их шума.

По форме тел качения подшипники делят на шариковые (см. рис. 1, а, б, ж, и), с цилиндрическими роликами (см. рис. 1, в), с коническими роликами (см. рис. 1, з, к), игольчатые (см. рис. 1, д), с витыми роликами (см. рис. 1, е), с бочкообразными роликами (сферическими) (см. рис. 1, г). Тела качения игольчатых подшипников тонкие ролики — иглы диаметром 1,6—5 мм. Длина игл в 5—10 раз больше их диаметра. Сепараторы в игольчатых подшипниках отсутствуют.

По числу рядов тел качения различают однорядные (см. рис. 1, а, в, д—к) (имеющие основное применение), двухрядные (см. рис. 1, б, г), четырехрядные, многорядные подшипники качения.

По конструктивным и эксплуатационным признакам подшипники делят на самоустанавливающиеся (тип 1000 – шариковые; тип 3000 – роликовые) (см. рис. 1, б, г), допускающие перекося валов на опорах до 2-3°, и несамоустанавливающиеся (все шарико- и роликоподшипники, кроме сферических) (см. рис. 1, а, в, д—к).

По способу изготовления сепараторов различают подшипники со штампованными и литыми сепараторами.

По конструктивным особенностям (с контактным уплотнением, с защитной шайбой, с фланцем на наружном кольце и т.д.).

В зависимости от требований по уровню вибрации, шума и других дополнительных требований установлено **три категории** ПК: А (самая высокая), В и С. Также введены дополнительные ряды радиальных зазоров и ряды моментов трения.

### Обозначение подшипников качения

Под типом подшипника понимают его конструктивную разновидность, определяемую по признакам классификации.

Каждый подшипник качения имеет условное клеймо, обозначающее тип, размер, класс точности, завод-изготовитель.

На неразъемные подшипники клеймо наносят на одно из колец, на разборные — на оба кольца, например, на радиальный подшипник с короткими цилиндрическими роликами (см. рис. 1, в), где наружное кольцо без бортов и свободно снимается, а внутреннее кольцо с бортами составляет комплект с сепаратором и роликами.

На один и тот же диаметр шейки вала предусматривается несколько серий подшипников, которые отличаются размерами колец и тел качения и соответственно величиной воспринимаемых нагрузок.

В пределах каждой серии подшипники равных типов взаимозаменяемы в мировом масштабе. В стандартах указываются: номер подшипника, размеры, вес, предельное число оборотов, статическая нагрузка и коэффициент работоспособности.

Подшипники имеют *условные обозначения*, составленные из цифр и букв (ГОСТ 3189-89). Условные обозначения разделяют на *основное и дополнительное*.

*Основное условное обозначение* подшипника характеризует его размер внутреннего диаметра, серию, тип и конструктивные разновидности. Очередность знаков в основном обозначении - справа налево.

**Первая и вторая цифры** справа условно обозначают его *номинальный внутренний диаметр  $d$*  (диаметр вала). Для определения истинного размера  $d$  (в миллиметрах) необходимо указанные две цифры умножить на пять. Например, подшипник ...04 имеет внутренний диаметр  $04 \cdot 5 = 20$  мм. Это правило распространяется на подшипники с цифрами ...04 и выше, до ...99, т. е. для подшипников с внутренним посадочным диаметром  $20 \leq d < 500$  мм. Подшипники с цифрами... 00 имеют  $d = 10$  мм; ...01  $d = 12$  мм; ...02  $d = 15$  мм; ...03  $d = 17$  мм.

**Третья цифра** справа обозначает *серию подшипника*, определяя его наружный диаметр  $D$ : сверхлегкая (цифры обозначения 8; 9), особолегкая (1; 7), легкая (2 или 5), средняя (3 или 6) и тяжелая (4), а по ширине  $B$  - особоузкая (8), узкая (0; 7), нормальная (1), широкая (2), особоширокая (3; 4; 5; 6). На практике наибольшее распространение имеют подшипники легкой и средней серий. На рис. 16.2 приведены сравнительные параметры подшипников некоторых типов и серий для номинального внутреннего диаметра  $d = 80$  мм.

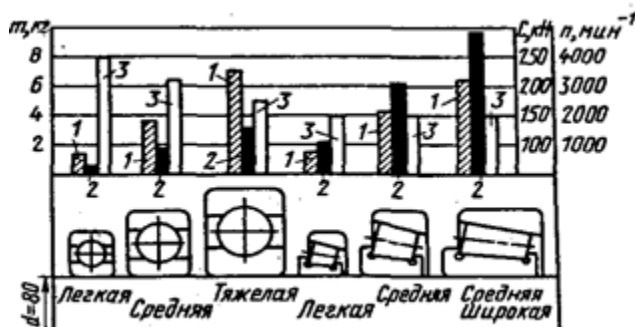


Рис.1.2. Сравнительные параметры подшипников различных типов и серий при внутреннем диаметре  $d=80$  мм:

**1—масса  $m$ ; 2—динамическая грузоподъемность  $C_r$ ; 3—предельная частота вращения  $n$**

**Четвертая цифра** справа обозначает тип подшипника. Если эта цифра 0, то это означает, что подшипник радиальный шариковый однорядный; шариковый однорядный (если левее 0 нет цифр, то 0 не указывают); 0 — радиальный шариковый; 1 — радиальный шариковый двухрядный сферический; 2 — радиальный с короткими цилиндрическими роликами; 3 — радиальный роликовый двухрядный сферический; 4 — игольчатый или роликовый с длинными цилиндрическими роликами; 5 — радиальный с витыми роликами; 6 — радиально-упорный шариковый; 7 — роликовый конический (радиально-упорный); 8 — упорный шариковый; 9 — упорный роликовый.

Так, например, подшипник 7208 является роликовым коническим.

**Пятая и шестая цифры** справа характеризуют конструктивные особенности подшипника, так называемое «исполнение» подшипника, не влияющие на основные характеристики (ГОСТ 3395-89) (неразборный, с защитной шайбой, с закрепительной втулкой, величину угла контакта  $\alpha$ , наличие стопорной канавки на наружном кольце, наличие уплотнений с заложеной смазкой, наличие канавки на наружном кольце шарикоподшипника, предназначенной для стопорного пружинного кольца, на наличие встроенных уплотнений и т.п.).

Например:

50312 — радиальный однорядный шарикоподшипник средней серии со стопорной канавкой на наружном кольце;

150312 — тот же подшипник с защитной шайбой;

36312 — радиально-упорный шариковый однорядный подшипник средней серии, неразборный.

60 205 — подшипник шариковый (0 — четвертая цифра) радиальный однорядный с одной защитной шайбой (6) — пятая цифра. Внутренний диаметр  $d = 05 \times 5 = 25$  мм. Цифры 6, 5, 4, 2, которые ставятся перед обозначением через тире (5-60205) обозначающий класс точности. Нормальный класс точности обозначается цифрой «0», которая не указывается.

**Седьмая цифра** справа характеризует серию подшипника по ширине.

ГОСТом установлены следующие классы точности подшипников качения: 0 — нормальный класс (как правило, 0 в обозначении не указывают); 6 — повышенный; 5 — высокий, 4 — особо высокий, 2 — сверхвысокий. Цифру, обозначающую класс точности, ставят слева от условного обозначения подшипника и отделяют от него знаком тире; например, 206 означает шариковый радиальный подшипник легкой серии с номинальным диаметром 30 мм, класса точности 0.

Кроме цифр основного обозначения слева и справа от него могут **дополнительные** буквенные или цифровые знаки, характеризующие специальные условия изготовления данного подшипника.

**Дополнительное условное** обозначение проставляют слева и справа от основного условного обозначения. Так, класс точности маркируют цифрой слева через тире от основного обозначения. В порядке повышения точности классы точности обозначают: 0, 6, 5, 4, 2. Класс точности, обозначаемой цифрой 0 и соответствующей нормальной точности, не проставляют, так как это позволяет сократить обозначения для часто употребляемых подшипников. В общем машиностроении применяют подшипники классов 0 и 6. В изделиях высокой точности или работающей высокой частотой вращения (шпиндельные узлы скоростных станков, высокооборотный электродвигатели и др.) применяют подшипники класса 5 и 4. подшипники класса точности 2 используют в гироскопических приборах. Помимо приведенных выше имеются и дополнительные (более высокие и более низкие) классы точности.

Так, например, подшипник 7208 — класса точности 0.

Диаметральный зазор подшипника обозначают номером ряда и указывают перед классом точности подшипника.

Дополнительное обозначение справа от основного характеризует повышенную грузоподъемность, изменения металла колец и сепаратора, температуру отпуска деталей, марку смазки в подшипниках закрытого типа и другие специальные технические требования (ГОСТ 590-89) и помещают (слитно с основной частью) буквенно-цифровую маркировку. Например, у подшипников закрытого типа, заполненных смазочным материалом, отличным от ЦИАТИМ-201, справа помещают следующее дополнительное обозначение: С2 – если применяется ЦИАТИМ-221; С5 – ЦИАТИМ 202; С17 – Литол-24.

Более подробно расшифровка символов маркировки подшипников приводится, например, в каталоге подшипников НИИАВТОПРОМа.

Пример обозначения: 3-5-180109-С17 – подшипник шариковый радиальный однорядный с  $d = 45$  мм, где 09 - внутренний диаметр; 1 - серия диаметра  $D$ ; 0 - тип подшипника; 18 - конструктивная разновидность; 3 - номер ряда диаметрального (радиального) зазора; 5 - класс точности; С17 - пластичный смазочный материал ЛИТОЛ-24.

В зависимости от наличия дополнительных требований к уровню вибраций, отклонениям формы и расположения поверхностей качения, моменту трения и др. установлены три категории подшипников: А — повышенные регламентированные нормы; В — регламентированные нормы; С — без дополнительных требований.

Возможные знаки справа от основного обозначения:

все или часть деталей из коррозионно-стойкой стали — Ю;

детали подшипников из теплостойких сталей — Р;

сепаратор из черных металлов — Г;

сепаратор из пластических материалов — Е;

специальные требования к подшипнику по шуму — Ш;

подшипник закрытого типа при заполнении смазочным материалом ЦИАТИМ-221 – С1.

температура отпуска колец – Т (при  $t=200^{\circ}\text{C}$ ); Т1 (при  $t=255^{\circ}\text{C}$ ) и т.д.

#### **Примеры обозначений подшипников:**

305 – подшипник с внутренним посадочным диаметром  $d=25$  мм, средней серии, радиальный шариковый однорядный, без конструктивных особенностей, нулевого класса точности, с диаметральной зазором по основному ряду, из обычных подшипниковых сталей, без специальных требований;

311 — подшипник шариковый радиальный однорядный, средней серии диаметров 3, серии ширин 0, с внутренним диаметром  $d = 55$  мм, основной конструкции (см. рис. 14.5, а), класса точности 0;

67210 – подшипник с внутренним посадочным диаметром  $d=50$  мм, легкой серии, радиально-упорный роликовый однорядный с наружным кольцом, имеющим упорный борт, нулевого класса точности, с диаметральной зазором по основному ряду, из обычных подшипниковых сталей, без специальных требований;

6-206 — подшипник шариковый радиальный однорядный, внутренний диаметр  $d = 30$  мм (06 х 5): легкой серии: класс точности — 6;

2311 — подшипник роликовый радиальный с короткими цилиндрическими роликами: внутренний диаметр  $d = 55$  мм (11 х 5); средней узкой серии; класс точности — 0.

6-36209 — подшипник шариковый радиально-упорный однорядный, легкой серии диаметров 2, серии ширин 0, с внутренним диаметром  $d = 45$  мм, с углом контакта  $\alpha = 12^{\circ}$ , класса точности 6;

4-12210 — подшипник роликовый радиальный с короткими цилиндрическими роликами, легкой серии диаметров 2, серии ширин 0, с внутренним диаметром  $d = 50$  мм, с одним бортом на наружном кольце (см. рис. 14.9, б), класса точности 4;

4-3003124P — подшипник роликовый радиальный сферический двухрядный особолегкой серии диаметров 1, серии ширины 3, с внутренним диаметром  $d=120$  мм, основной конструкции (см. рис. 14.8), класса точности 4, детали подшипника изготовлены из теплостойких сталей;

3-0-180209C17 – подшипник с внутренним посадочным диаметром  $d=45$  мм, легкой серии, радиальный шариковый однорядный, со встроенными двухсторонними уплотнениями, заполненный смазочным материалом Литол-24, из обычных подшипниковых сталей, без специальных требований, нулевого класса точности, с диаметральной зазором по 3-у дополнительному ряду.

6-7310A: радиально-упорный роликовый конический (7) повышенной грузоподъемности (A) средней узкой серии (3) диаметром  $d = 50$  мм (10) 6-го класса точности;

A75-180208C17Ш2: радиальный шариковый (0) однорядный с двусторонним уплотнением (18) и постоянной смазкой “Литол-24” (C17) со специальными требованиями по шуму (Ш2) легкой узкой серии (2) диаметром  $d = 40$  мм (08), 5-го класса точности категории А с радиальным зазором по 7-му ряду.

### **Список использованных источников**

1. Куклин Н.Г., Куклина Г.С. Детали машин. 3-е изд.: Высш. Шк., 1984.- 255 с., ил.
2. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. Т. 2. - 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1980. – 559с.
3. <http://ifio.npi-tu.ru/>
4. <http://www.detalmach.ru/>

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Классификация подшипников качения.
2. Материалы подшипников качения.
3. Обозначение подшипников качения