

FAG



**Токоизолированные подшипники качения FAG.
Защита от повреждений, вызванных
электрическим током**

Техническая информация

Повреждения, вызванные прохождением тока через подшипник, и их последствия. Токоизолированные подшипники как превентивная мера

Повреждения, вызванные прохождением тока через подшипник, и их последствия

При применении подшипников в:

- ступичных узлах и тяговых двигателях (железнодорожный транспорт)
- двигателях переменного и постоянного тока (приводная техника)
- генераторах (ветроэнергетические установки)

возможно прохождение электрического тока через подшипник. При неблагоприятных условиях это может привести к повреждению дорожки качения и тел качения, что в свою очередь ведет к выходу мотора или генератора из строя. Кроме ремонтных расходов возникают дополнительные затраты, вызванные простоем оборудования.

Повысить экономичность конструкции можно еще этапе проектирования, предусмотрев использование специальных токоизолированных подшипников. Низкие затраты на обслуживание и повышенная доступность оборудования позволяют добиться положительного экономического эффекта.

Обычно достаточно прервать электрическую цепь между корпусом и валом, то есть установить токоизолированные подшипники с обоих концов вала.

Токоизолированные подшипники (с керамическим покрытием или в гибридном исполнении) обладают существенно большей защитой от повреждений, вызванных прохождением электрического тока, чем обычные подшипники.



Токоизолированные подшипники как превентивная мера

Как правило, устранение причин, вызывающих электрическое напряжение в подшипнике, представляет собой трудную задачу. Но за счет применения токоизолированных подшипников возможно воспрепятствовать прохождению тока либо существенно снизить его. Фирма FAG имеет широкий ассортимент токоизолированных подшипников в различных исполнениях. Какие именно детали необходимо изолировать, зависит от вида напряжения:

Индукционное напряжение вдоль вала

Такой характер напряжения приводит к возникновению электрической цепи, проходящей через подшипник 1, корпус и подшипник 2. Причиной такого напряжения на валу часто является несимметричное распределение магнитного потока в двигателе, особенно в двигателях с малым количеством пар полюсов. В этом случае для разрыва электрической цепи достаточно изолировать только один подшипник.

Напряжение между валом и корпусом

Токи в обоих подшипниках текут в одном направлении. Причина этому – синфазное напряжение преобразователя частоты. В данном случае необходимо изолировать оба подшипника. Критерием выбора токоизоляции является временная характеристика приложенного напряжения.

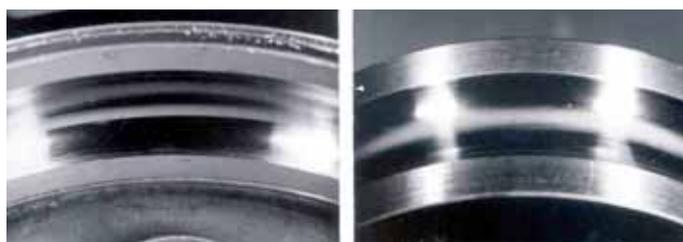
Токоизолированные подшипники как превентивная мера. Типовые повреждения вследствие прохождения тока через подшипник

При постоянном и медленно изменяющемся переменном напряжении наблюдается омическое сопротивление, при высокочастотном переменном напряжении (особенно в преобразователях частоты) - емкостное сопротивление подшипника.

Токоизолированный подшипник, входящий в электрическую цепь параллельным соединением, может обладать омическим и емкостным сопротивлением. Для лучшей изоляции омическое сопротивление должно быть максимальным, а емкостное минимальным.

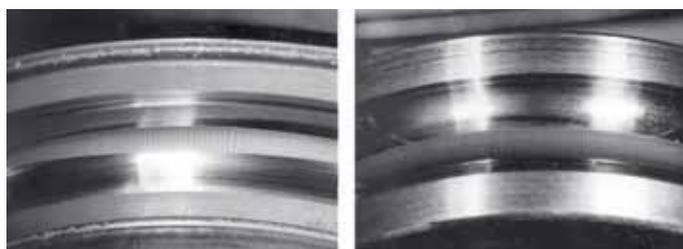
Типовые повреждения вследствие прохождения тока через подшипник

Независимо от того, переменный или постоянный ток проходит через подшипник (до частот в МГц-области), на дорожках качения наблюдаются типовые повреждения: матовые и серые следы фиксированной ширины по всей дорожке качения (рис. 1) и по поверхности тел качения. Этот признак не является специфическим и может быть вызван не только электрическим током, но и другими причинами (например, наличием абразивных частиц в масле).



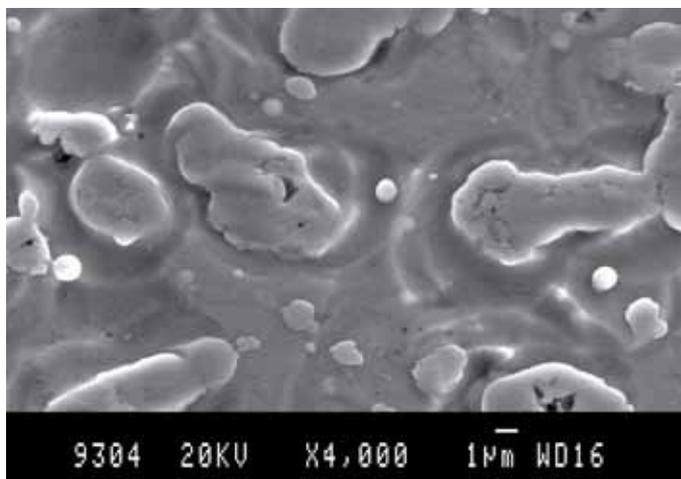
1. Матовые и серые следы
слева дорожка качения наружного кольца,
справа дорожка качения внутреннего кольца

Так называемые рифления представляют собой повторяющийся набор канавок разной глубины, расположенных на дорожке качения (рис. 2). Как правило, их появление бывает вызвано только электрическим током.



2. Рифления
слева дорожка качения наружного кольца, справа дорожка качения внутреннего кольца

На рис. 3 изображена видимая в электронный растровый микроскоп поверхность поврежденной дорожки качения. Видно, что обе картины повреждений (рис. 1 и 2) характеризуются микроплавлениями и гратами величиной в несколько микрометров, плотно покрывающими поверхности качения. Такая картина микронеровностей доказывает, что причиной повреждений был электрический ток.



Картина микронеровностей, видимая в электронный растровый микроскоп

Впадины от микроплавлений и граты возникают при прохождении электрического разряда между микронеровностями поверхности дорожки качения и поверхностями тел качения. Когда масляная пленка полностью образована, в узких местах проходит искра, при этом основания гратов кратковременно оплавляются. В области неоднородного трения (металлический контакт) происходит плавление трущихся поверхностей, сразу прекращающееся вследствие вращения кольца подшипника. Кроме того, в обоих случаях материал отделяется от поверхностей, что способствует затвердеванию гратов. Частично граты попадают в смазочный материал, частично собираются на поверхности металла. После продолжительной обкатки граты выравниваются и сглаживаются. При продолжительном воздействии электрического тока тонкие поверхностные слои испытывают многократное переплавление.

Большинство поломок подшипников вызваны образованием рифлений на дорожках качения (рис. 2). Эти периодические структуры на дорожках качения и на роликах возникают из-за одновременного продолжительного воздействия электрического тока и вибраций частей подшипника.

Типовые повреждения вследствие прохождения тока через подшипник. Подшипники с керамическим покрытием

Каждый микрократер достаточного размера вызывает радиальные перемещения тел качения. Параметры этих перемещений зависят от внутренней геометрии подшипника, частоты вращения и нагрузки. При возвращении тела качения в исходное положение уменьшается толщина масляной пленки, так что в этой области увеличивается прохождение тока – происходит структурированный процесс. Спустя некоторое время вся поверхность дорожки качения кольца может покрыться рифлениями, что приводит к увеличению уровня вибраций и в дальнейшем может стать причиной выхода подшипника из строя.

Критерием опасности, создаваемой электрическим током, проходящим через подшипник, служит расчетная плотность тока, то есть эффективная плотность тока, распределенная по всей контактной поверхности тел качения и дорожек качения. Она зависит от типа подшипника и от рабочих условий. При плотности тока ниже $0,1 A_{\text{eff}}/\text{мм}^2$ нет опасности образования рифлений. Если значение плотности тока равно или превышает $1 A_{\text{eff}}/\text{мм}^2$, такая опасность очень высока.

Влияние на смазочный материал

Электрический ток оказывает негативное влияние на смазочный материал. Под действием тока загуститель и присадки окисляются и расщепляются, что хорошо видно в инфракрасном спектре. Вследствие преждевременного старения и обогащения металлическими частицами качество смазочного материала ухудшается, что приводит к перегреву подшипника.

Подшипники с керамическим покрытием



4. Радиальные шарикоподшипники с керамическим покрытием

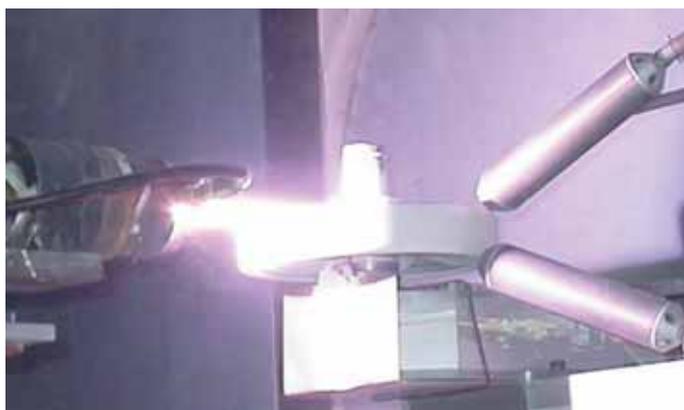
Преимущества подшипников FAG с токоизолирующим покрытием

- Отличные изоляционные свойства обеспечивают оксидно-керамические покрытия (J20..). Такие покрытия наносятся методом плазменного напыления (рис. 5)
- За счет специальной герметизации покрытие J20AA является влагостойким
- Габаритные размеры токоизолированных подшипников соответствуют DIN 616 (ISO 15). Токоизолированные подшипники взаимозаменяемы со стандартными подшипниками
- Для особых случаев применения, например, при вращающемся наружном кольце, рекомендуется использовать внутреннее кольцо с покрытием J20C
- Возможно приобрести радиальные шарикоподшипники начиная с размерной серии 62 в открытом исполнении, а также с одно- или двухсторонними уплотнениями. Эти подшипники позволяют воспользоваться преимуществами необслуживаемого подшипника.

Метод нанесения покрытий. Электрическое сопротивление

Метод нанесения покрытий

Сущность метода плазменного напыления (рис. 5) состоит в следующем: между двумя электродами создается световая дуга и происходит ионизация инертного газа. Возникающая при этом свободная плазменная струя действует в качестве несущего луча для подводимого порошка оксида алюминия. Порошок плавится и с высокой скоростью наносится на наружное или внутреннее кольцо. Нанесенный таким способом оксидный слой хорошо держится на поверхности кольца. После нанесения производится герметизация и шлифовка до достижения необходимого размера.



5. Метод плазменного напыления

Электрическое сопротивление

Все покрытия подвергаются стопроцентной проверке качества и гарантируют пробивную прочность минимум 1000 VDC (J20AA, J20C) или 500 VDC (J20B).

В пределах этого напряжения изолирующий слой пропускает к подшипнику лишь малое количество тока. Различают два механизма защиты:

Сопротивление постоянному напряжению

Такая защита при комнатной температуре обладает сопротивлением $1 \dots 10$ ГОм в зависимости от размера подшипника. С повышением температуры сопротивление снижается по экспоненциальному закону, обычно это 40-50% на 10 К. Однако при рабочих температурах от 60-80 град. °С сопротивление изоляции составляет несколько МОм, так что в соответствии с законом Ома $I = U/R$ изоляция пропускает ток силой ниже 1 мА. Токи такой величины не являются критическими для подшипника.

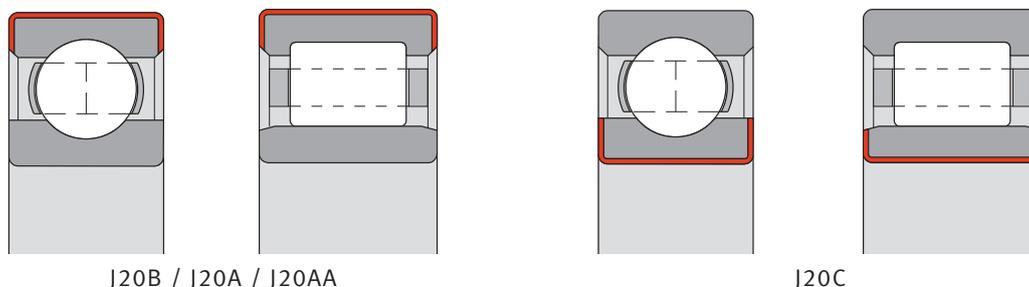
Сопротивление переменному напряжению

Изолированная конструкция обладает емкостью C , способной накапливать заряды. Под влиянием переменного напряжения это приводит к прохождению переменного тока через контактную поверхность между телами качения и дорожкой качения. В случае гармонического сигнала с круговой частотой ω для эффективного значения тока и напряжения справедлива формула

$$I = U \cdot \omega \cdot C.$$

Аналогично закону Ома, емкостное сопротивление подшипника обозначается $Z = 1/\omega C$. Емкость подшипника с оксидно-керамическим покрытием как правило составляет $2 \dots 20$ нФ, в зависимости от величины подшипника. Его емкостное сопротивление находится в интервале $0,15 \dots 1,5$ МОм частотой 50 Гц, то есть существенно ниже сопротивления постоянному току. При более высоких частотах это значение уменьшается. В большинстве случаев оно существенно выше, чем сопротивление неизолированного подшипника, которое при напряжении свыше 1 В весьма низко (1 Ом и меньше).

Виды покрытий



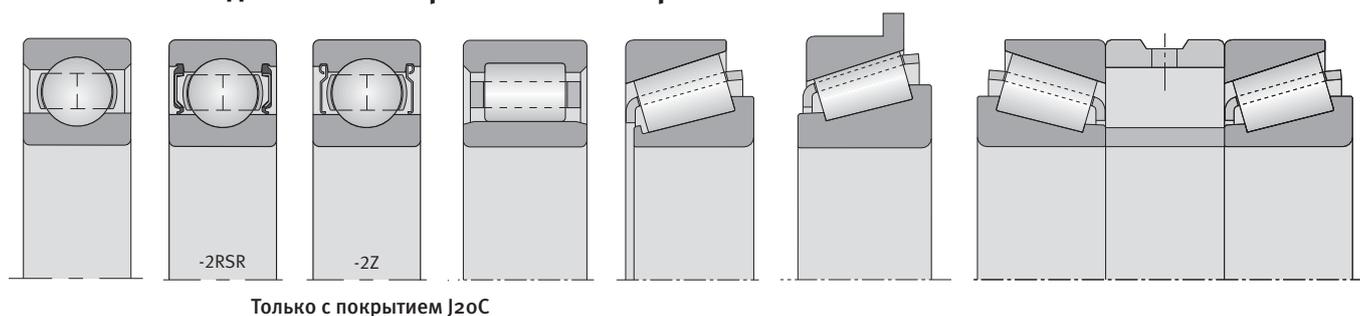
Виды покрытий. Толщины

| | J20B | J20A *) | J20AA | J20C |
|--------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|--|
| Пробивное напряжение | 500 VD | 1000 VD | 1000 VDC | 1000 VDC |
| Условия окружающей среды | сухость | сухость | сухость/сырость | сухость/сырость |
| Толщина покрытия | < 100 мкм | > 200 мкм | ≈ 200 мкм | ≈ 200 мкм |
| Возможные размеры | 70...1400 мм Наружный диаметр | 70...1400 мм Наружный диаметр | 70...500 мм Наружный диаметр | 70...340 мм Отверстие внутреннего кольца |

*) Рекомендуется наносить на подшипники с наружным диаметром свыше 500 мм

Поверхности колец подшипника, на которые необходимо нанести покрытие, должны быть цилиндрической формы и не должны иметь масляных канавок.

Исполнения подшипника с керамическим покрытием:



При необходимости покрытия можно нанести на другие типы подшипников (предварительно обсудив данное решение с техническими специалистами).

Рекомендуемые подшипники FAG с керамическими покрытиями, с. 6...8.

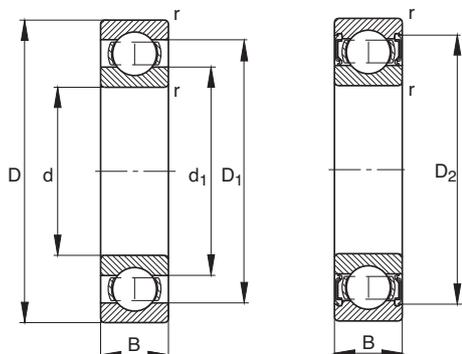
Примеры заказа:

6220-2RSR-J20AA-C3 радиальный шарикоподшипник с наружным кольцом с покрытием, двухсторонним уплотнением и радиальным зазором C3

NU214-E-M1-F1-J20B-C4 цилиндрический роликоподшипник с наружным кольцом с покрытием и радиальным зазором C4

6330-J20C радиальный шарикоподшипник с внутренним кольцом с покрытием

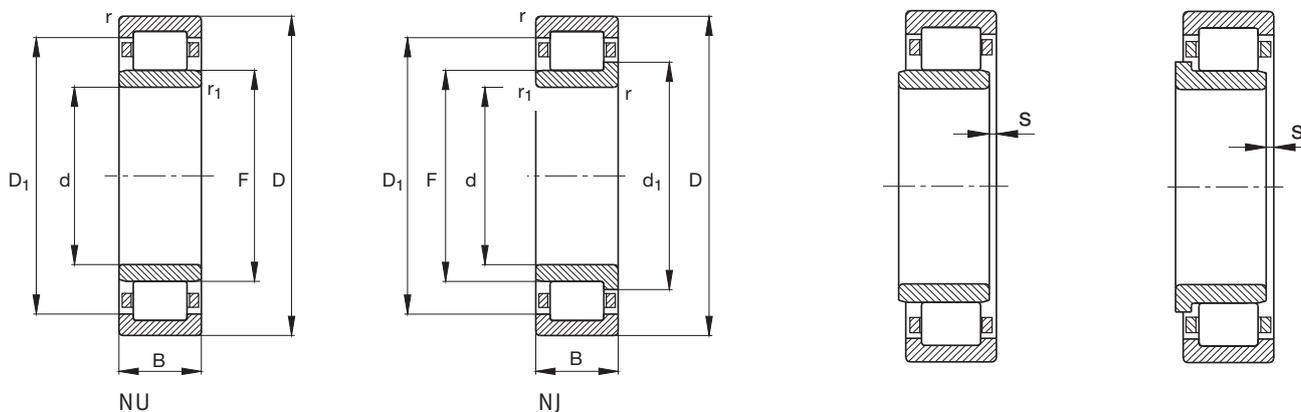
Шарикоподшипники с керамическим покрытием



Шарикоподшипники с керамическим покрытием d 60-180 мм

| Условное обозначение | Вес | Размеры | | | | | | Грузоподъемность | | | Предельная частота вращения | Относительная частота вращения (по температуре) |
|-------------------------|-------|---------|-----|----|-----|----------------|----------------|------------------|---------|--------------------------|-----------------------------|---|
| | | d | D | B | r | D ₁ | D ₂ | Динамич. | Статич. | по усталостной прочности | | |
| FAG | кг | мм | | | min | ≈ | ≈ | кН | кН | кН | мин ⁻¹ | мин ⁻¹ |
| 6212-M-J20B-C4 | 0,98 | 60 | 110 | 22 | 1,5 | 95,6 | 76,1 | 52 | 36 | 2,24 | 14 000 | 6 800 |
| 6213-J20B-C4 | 1 | 65 | 120 | 23 | 1,5 | 103,1 | 82,3 | 60 | 41,5 | 2,55 | 13 000 | 6 300 |
| 6313-M-J20AA-C5 | 2,55 | 65 | 140 | 33 | 2,1 | 117,5 | 88,6 | 93 | 60 | 3,95 | 11 000 | 6 400 |
| 6214-2RSR-J20AA-C3 | 1,11 | 70 | 125 | 24 | 1,5 | 110,7 | 86,8 | 62 | 44 | 2,9 | 12 000 | 6 100 |
| 6215-M-J2B-C4 | 1,42 | 75 | 130 | 25 | 1,5 | 112,8 | 92,5 | 65,5 | 49 | 3,35 | 11 000 | 5 900 |
| 6215-M-P6-J20AA-R85-105 | 1,42 | 75 | 130 | 25 | 1,5 | 112,8 | 92,5 | 65,5 | 49 | 3,35 | 11 000 | 5 900 |
| 6315-M-J20AA-C3 | 3,74 | 75 | 160 | 37 | 2,1 | 133,2 | 101,8 | 114 | 76,5 | 4,65 | 9 500 | 5 800 |
| 6016-M-J20AA | 0,997 | 80 | 125 | 22 | 1,1 | 111 | 94 | 47,5 | 40 | 2,34 | 12 000 | 6 500 |
| 6216-J20AA-C3 | 1,46 | 80 | 140 | 26 | 2 | 121,3 | 98,8 | 72 | 54 | 3,45 | 11 000 | 5 500 |
| 6316-J20AA-C3 | 3,75 | 80 | 170 | 39 | 2,1 | 141,8 | 108,6 | 122 | 86,5 | 5,2 | 9 000 | 5 500 |
| 6316-M-J20B-C4 | 4,44 | 80 | 170 | 39 | 2,1 | 141,8 | 108,6 | 122 | 86,5 | 5,2 | 9 000 | 5 500 |
| F-808916.6316-J20AA | 3,69 | 80 | 170 | 39 | 2,1 | 141,8 | 108,6 | 122 | 86,5 | 5,2 | 9 000 | 5 500 |
| 6317-M-J20AA-C3 | 5,05 | 85 | 180 | 41 | 3 | 151,6 | 114,4 | 132 | 96,5 | 5,8 | 8 000 | 5 300 |
| 6218-J20AA-C3 | 2,21 | 90 | 160 | 30 | 2 | 139,4 | 112,3 | 96,5 | 72 | 4,2 | 9 000 | 5 100 |
| 6318-M-J20AA-C3 | 6,14 | 90 | 190 | 43 | 3 | 157,1 | 123,8 | 134 | 102 | 5,8 | 8 000 | 5 100 |
| 6319-M-J20AA-C4 | 7,05 | 95 | 200 | 45 | 3 | 166,9 | 129,1 | 146 | 114 | 6,4 | 7 500 | 4 950 |
| 6220-J20C-C3 | 3,3 | 100 | 180 | 34 | 2,1 | 154,8 | 124,7 | 122 | 93 | 5,4 | 8 000 | 4 800 |
| 6220-M-J20AA-R95-120 | 3,9 | 100 | 180 | 34 | 2,1 | 154,8 | 124,7 | 122 | 93 | 5,4 | 8 000 | 4 800 |
| 6320-M-J20AA-C3 | 8,64 | 100 | 215 | 47 | 3 | 179 | 138,6 | 163 | 134 | 7,4 | 7 000 | 4 650 |
| 16021-M-J20AA-C5 | 1,42 | 105 | 160 | 18 | 1 | 141,2 | 124,2 | 54 | 54 | 2,39 | 9 500 | 3 950 |
| 6322-M-J20AA-C3 | 11,7 | 110 | 240 | 50 | 3 | 197,4 | 153,4 | 190 | 166 | 8,6 | 6 300 | 4 150 |
| 6324-M-J20AA-C3 | 15 | 120 | 260 | 55 | 3 | 214,9 | 165,1 | 212 | 190 | 9 | 6 000 | 3 850 |
| 6326-M-J20AA-C3 | 18,3 | 130 | 280 | 58 | 4 | 231,2 | 178,9 | 228 | 216 | 9,8 | 5 600 | 3 500 |
| 6230-J20AA | 10,3 | 150 | 270 | 45 | 3 | 229,1 | 191,6 | 176 | 170 | 7,8 | 5 600 | 3 350 |
| 6336-M-J20AA-C4 | 43 | 180 | 380 | 75 | 4 | 317 | 245,2 | 355 | 405 | 16,3 | 3 800 | 2 440 |

Шарикоподшипники с керамическим покрытием

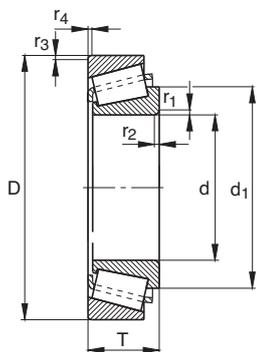


Шарикоподшипники с керамическим покрытием d 60-140 мм

| Условное обозначение | Вес | Размеры | | | | | | | | Грузоподъемность | | | Предельная частота вращения | Относительная частота вращения (по температуре) | |
|------------------------|------|---------|-----|----|-----|-----|----------------|----------------|----------------|------------------|-----------------|-------------------|-----------------------------|---|-------|
| | | m | d | D | B | r | D ₁ | D ₂ | d ₁ | C _r | C _{0r} | C _{ur} | | | |
| FAG | кг | мм | | | | min | ≈ | ≈ | кН | кН | кН | мин ⁻¹ | мин ⁻¹ | | |
| NJ312-E-M1-F1-J20B-C4 | 2,14 | 60 | 130 | 31 | 2,1 | 2,1 | 1,8 | 77 | 109,6 | 84,4 | 177 | 157 | 26,5 | 5 000 | 5 300 |
| NU214-E-M1-F1-J20B-C4 | 1,29 | 70 | 125 | 24 | 1,5 | 1,5 | 1,6 | 83,5 | 109,4 | | 140 | 137 | 19 | 5 300 | 4 750 |
| NU314-E-M1-F1-J20B-C4 | 3,16 | 70 | 150 | 35 | 2,1 | 2,1 | 1,7 | 89 | 126,8 | | 242 | 222 | 30 | 4 500 | 4 550 |
| NU215-E-TVP2-J20AA-C3 | 1,27 | 75 | 130 | 25 | 1,5 | 1,5 | 1,2 | 88,5 | 114,4 | | 154 | 156 | 21,7 | 5 300 | 4 500 |
| NU215-E-M1-F1-J20B-C4 | 1,41 | 75 | 130 | 25 | 1,5 | 1,5 | 1,2 | 88,5 | 114,4 | | 154 | 156 | 21,7 | 5 300 | 4 500 |
| NU216-E-M1-F1-J20B-C4 | 1,71 | 80 | 140 | 26 | 2 | 2 | 1,3 | 95,3 | 122,9 | | 165 | 167 | 22,6 | 4 800 | 4 250 |
| NJ316-E-M1-F1-J20B-C4 | 4,48 | 80 | 170 | 39 | 2,1 | 2,1 | 0,7 | 101 | 143,9 | 110,4 | 300 | 275 | 46 | 3 800 | 4 150 |
| NU218-E-TVP2-J20AA-C3 | 2,36 | 90 | 160 | 30 | 2 | 2 | 1,5 | 107 | 139,7 | | 215 | 217 | 28,5 | 4 300 | 3 950 |
| NUP218-E-TVP2-J20AA-C3 | 2,46 | 90 | 160 | 30 | 2 | 2 | - | 107 | 139,7 | 114,3 | 215 | 217 | 35 | 4 300 | 3 950 |
| NJ219-E-TVP2-J20AA | 2,94 | 95 | 170 | 32 | 2,1 | 2,1 | - | 112,5 | 148,6 | 120,5 | 260 | 265 | 41,5 | 3 800 | 3 700 |
| NU219-E-M1-F1-J20B-C4 | 3,25 | 95 | 170 | 32 | 2,1 | 2,1 | 0,7 | 112,5 | 148,6 | | 260 | 265 | 34 | 3 800 | 3 700 |
| NU220-E-TVP2-J20AA-C3 | 3,49 | 100 | 180 | 34 | 2,1 | 2,1 | 1,5 | 119 | 156,9 | | 295 | 305 | 38,5 | 3 800 | 3 500 |
| NU320-E-M1-F1-J20AA-C4 | 8,77 | 100 | 215 | 47 | 3 | 3 | 1,2 | 127,5 | 182 | | 450 | 425 | 53 | 3 200 | 3 400 |
| NU224-E-TVP2-J20AA-C3 | 5,8 | 120 | 215 | 40 | 2,1 | 2,1 | 1,4 | 143,5 | 187,8 | | 390 | 415 | 52 | 3 200 | 3 100 |
| F-809035.NU228-E-J20AA | 9,39 | 140 | 250 | 42 | 3 | 3 | 2 | 169 | 216,7 | | 460 | 510 | 59 | 4 800 | 2 600 |

³⁾ Осевое смещение

Конические роликоподшипники с керамическим покрытием



Шарикоподшипники с керамическим покрытием d 89,945-254 мм

| Условное обозначение | Вес | Размеры | | | | | | Грузоподъемность | | Грузоподъемность по усталостной прочности | Предельная частота вращения |
|-------------------------------------|------|----------------|---------|--------|--------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|----------------|---|-----------------------------|
| | | m | d | D | T/2B ¹⁾ | r _{1,2} min | r _{3,4} min | d ₁ ≈ | C _r | | |
| FAG | кг | мм | | | | | | кН | кН | кН | мин ⁻¹ |
| F-803477.TR1-J20B | 2,64 | 89,945 | 146,975 | 40 | 3,6 | 1,5 | 119 | 232 | 355 | 50 | 4 800 |
| F-804565.30220-A-J20B | 3,7 | 100 | 180 | 37 | 3 | 2,5 | 135 | 231 | 290 | 32 | 4 300 |
| F-803478.TR1-J20B | 9,4 | 117,475 | 212,725 | 63,5 | 8,1 | 3,3 | 162,2 | 490 | 720 | 93 | 3 000 |
| F-803889.32224-A-J20B | 9,15 | 120 | 215 | 61,5 | 3 | 2,5 | 175,2 | 445 | 650 | 84 | 3 000 |
| F-809028.TR1-J20B | 10,2 | 130 | 225 | 67 | 4 | 3 | 174,6 | 480 | 710 | 94 | 2 800 |
| F-804550.01.TR2S-J20B ¹⁾ | 6,8 | 140 | 190 | 99 | 2 | 1,5 | 150,1 | 365 | 780 | 74 | 3 400 |
| Z-577634.01.TR2S-J20B ¹⁾ | 13,5 | 140 | 210 | 130 | 2,5 | 2 | 175,8 | 585 | 1 180 | 75 | 2 800 |
| Z-580065.30228-A-J20B | 8,6 | 140 | 250 | 45,75 | 4 | 3 | 187 | 390 | 520 | 60 | 2 600 |
| K36990-36920-J20B | 3,18 | 177,8 | 227,012 | 30,162 | 1,5 | 1,5 | 203,8 | 186 | 400 | 30 | 2 600 |
| F-809055.TR1-J20AA ²⁾ | 9,34 | 198,298 | 282,575 | 46,038 | 3,6 | 3,3 | 249 | 345 | 750 | 87 | 2 200 |
| Z-566566.TR1-J20AA | 9,28 | 199,949 | 282,575 | 46,038 | 3,6 | 3,3 | 249 | 345 | 750 | 87 | 2 200 |
| F-807411.TR1-J20B | 8,23 | 240 | 320 | 42 | 3 | 3 | 278 | 380 | 670 | 73 | 2 000 |
| F-809146.TR1-J20AA | 18,6 | 240 | 336,55 | 65,088 | 6,4 | 3,3 | 284 | 640 | 1 250 | 137 | 1 800 |
| F-808428.TR1-J20AA | 17,2 | 240,5 | 336,55 | 65,088 | 6,4 | 3,3 | 284 | 640 | 1 250 | 137 | 1 800 |
| F-808428.TR1-J20B | 17,2 | 240,5 | 336,55 | 65,088 | 6,4 | 3,3 | 284 | 640 | 1 250 | 137 | 1 800 |
| Z-547733.TR1-J20AA | 22,3 | 254 | 358,775 | 71,438 | 3,3 | 1,5 | 302,8 | 720 | 1 370 | 148 | 1 700 |
| Z-547733.02.TR1-J20AA | 22,3 | 254 | 358,775 | 71,438 | 3,3 | 1,5 | 302,8 | 720 | 1 370 | 148 | 1 700 |

¹⁾ Общая ширина сдвоенных конических роликоподшипников

²⁾ Конические роликоподшипники, установленные по O-образной схеме (проставочное кольцо между внутренним и наружным кольцами)

³⁾ Фланец у наружного кольца

Гибридные подшипники

В качестве альтернативы подшипникам с покрытиями FAG предлагает гибридные подшипники; их кольца выполнены из подшипниковой стали, тела качения из керамики. Гибридные подшипники обозначаются дополнительным суффиксом HC.

Тела качения **обладают очень высокой износостойкостью** и токоизолирующими свойствами.

В гибридном исполнении изготавливаются как шарикоподшипники (рис. 6), так и цилиндрические роликоподшипники (рис. 7).

Преимущества гибридных подшипников FAG

Высокое электрическое сопротивление

- У гибридных подшипников значения сопротивления постоянному напряжению лежат в ГОм области. Стандартные значения электроемкости примерно равны 40 пФ и в 100 раз ниже, чем у подшипников с керамическими покрытиями
- Высокие частоты вращения при низком трении. Низкие температуры
- Высокая аварийная антизадирная способность

Смазка в гибридных подшипниках служит дольше, чем в стандартных необслуживаемых подшипниках (см. каталог WL 43-1210).

При малых размерах гибридные подшипники являются более экономичным решением, чем подшипники с керамическим покрытием.

Примеры заказа:

HC6214-M-P6-C3 радиальный шарикоподшипник с керамическими шариками; латунный сепаратор; повышенная точность (класс точности P6) и осевой зазор C3.

HCN1020-K-M1-SP цилиндрические роликоподшипники с керамическими роликами; коническое отверстие; массивный латунный сепаратор; повышенная точность (класс точности SP).

Наши инженеры подберут для Вас подходящие подшипники.



6. Радиальный шарикоподшипник с керамическими телами качения

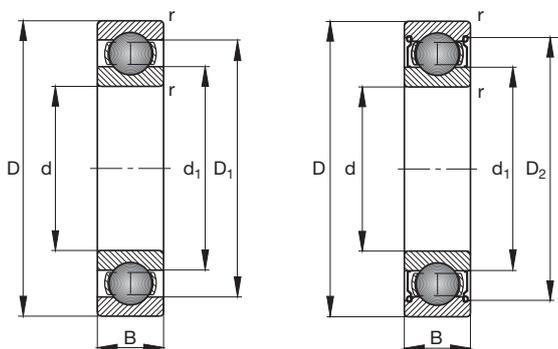


7. Цилиндрический роликоподшипник с керамическими телами качения

Параметры материалов керамика/подшипниковая сталь

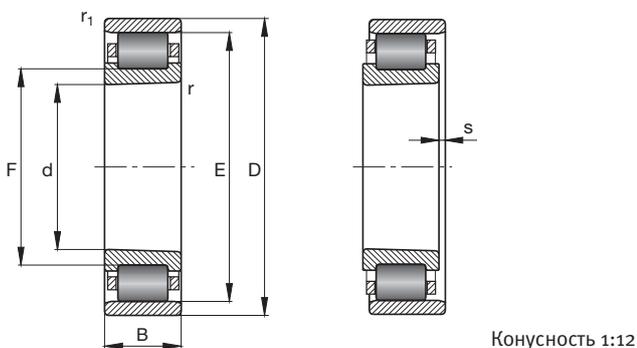
| Параметр | Единица | Керамика (нитрид кремния Si_3N_4) | Сталь (100Cr6) |
|---|-------------------------------------|---|-------------------|
| Специальное электрическое сопротивление | $\Omega \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ | 10^{17} | 10^{-1} |
| Толщина | г/см ³ | 3,2 | 7,8 |
| Коэффициент температурного расширения | $10^{-6}/\text{K}$ | 3,2 | 11,5 |
| Модуль упругости | МПа | 315 000 | 210 000 |
| Коэффициент Пуассона | – | 0,26 | 0,3 |
| Твердость | HV10 | 1 600...800 | 700...150 |

Гибридные подшипники – размерная таблица



Гибридные радиальные шарикоподшипники d 15-70 мм

| Условное обозначение | Вес | Размеры | | | | | | | Грузоподъемность | | Грузоподъемность по усталостной прочности | Предельная частота вращения |
|----------------------|-------|---------|-----|----|--------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|------------------|-----------------|---|-----------------------------|
| | | m | d | D | T/2B ^{*)} | r _{1,2} min | r _{3,4} min | d ₁ ≈ | C _r | C _{0r} | | |
| FAG | кг | мм | | | | | | | кН | кН | кН | мин ⁻¹ |
| HC6002-2Z | 0,031 | 15 | 32 | 9 | 0,3 | | 28,4 | 20,5 | 4 150 | 2 000 | 102 | 30 000 |
| HC6003 | 0,038 | 17 | 35 | 10 | 0,3 | 29,5 | | 22,7 | 6 000 | 3 250 | 157 | 21 000 |
| HC6212-C4 | 0,694 | 60 | 110 | 22 | 1,5 | 95,6 | | 76,1 | 40 500 | 31 000 | 1 590 | 14 000 |
| HC6014 | 0,614 | 70 | 110 | 20 | 1,1 | 9,3 | | 82,8 | 29 000 | 25 500 | 1 850 | 10 000 |
| HC6214-M | 1,23 | 70 | 125 | 24 | 1,5 | 108 | | 87,1 | 48 000 | 39 000 | 2 050 | 12 000 |



Гибридные цилиндрические роликоподшипники d 30-45 мм

| Условное обозначение | Вес | Размеры | | | | | | | Грузоподъемность | | Грузоподъемность по усталостной прочности | Предельная частота вращения |
|----------------------|-------|---------|----|----|--------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|------------------|-----------------|---|-----------------------------|
| | | m | d | D | T/2B ^{*)} | r _{1,2} min | r _{3,4} min | d ₁ ≈ | C _r | C _{0r} | | |
| FAG | кг | мм | | | | | | | кН | кН | кН | мин ⁻¹ |
| HCN1006-K-M1-SP | 0,115 | 30 | 55 | 13 | 0,6 | 1,9 | 48,5 | 16 000 | 17 000 | 2 330 | 36 000 | |
| HCN1007-K-M1-SP | 0,149 | 35 | 62 | 14 | 0,6 | 2 | 55 | 19 000 | 20 400 | 2 700 | 28 000 | |
| HCN1008-K-M1-SP | 0,182 | 40 | 68 | 15 | 0,6 | 2,1 | 61 | 23 600 | 27 000 | 3 700 | 28 000 | |

^{*)} Осевое смещение

Примеры применения

1. Трехфазный электродвигатель

Радиальные шарикоподшипники с покрытием J20AA

Технические данные:

Трехфазный двигатель с преобразователем

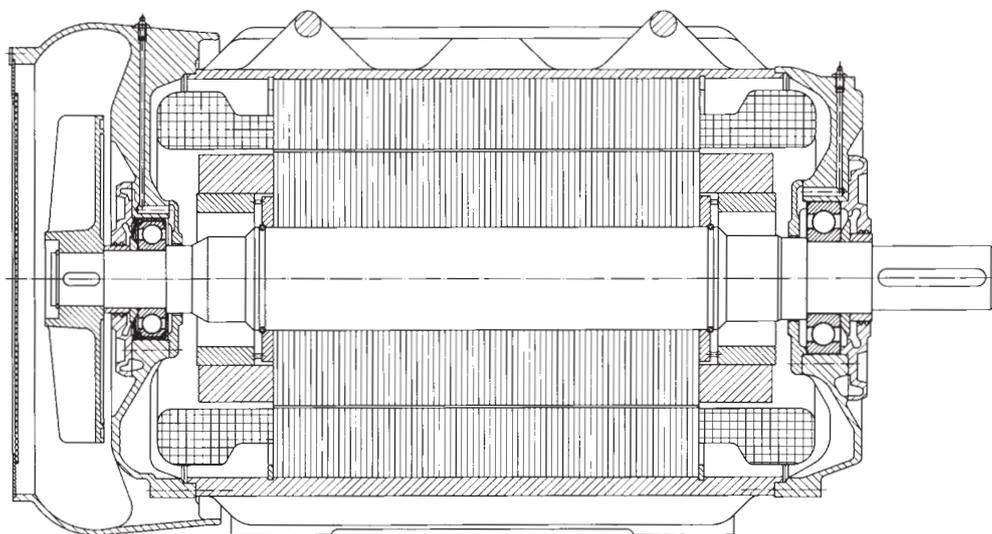
Мощность 375 кВт

Исполнение четырехполюсное

Со стороны вентилятора установлен токоизолированный шарикоподшипник **6316-J20AA-C3** и со стороны привода радиальный шарикоподшипник **6320-C3**.

Оба подшипника смазываются консистентной смазкой.

Предусмотрено повторное смазывание.



2. Опора ступичного узла

Конические роликоподшипники с покрытием J20B

Свободная опора ступичного узла в низкорамном вагоне Combino/ Фрайбург

Технические данные:

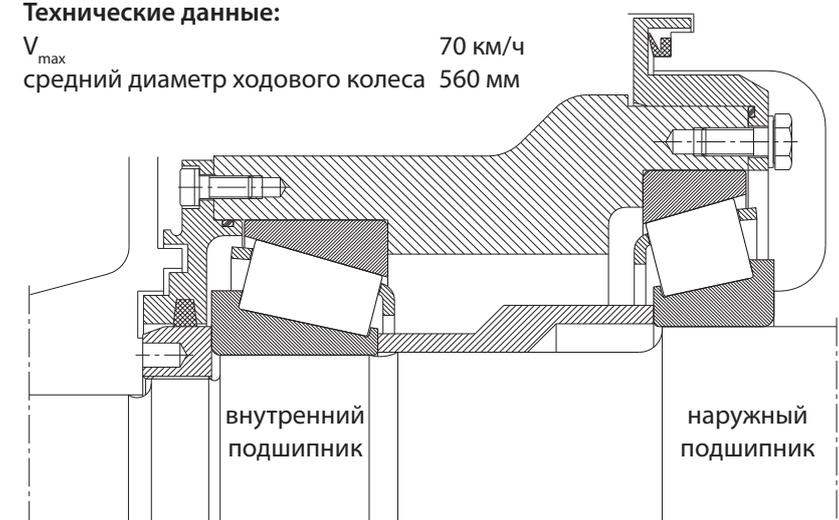
V_{max} 70 км/ч

средний диаметр ходового колеса 560 мм

Установленные конические роликоподшипники (О-схема):

наружный подшипник **Z-580065.30228-A-J20B**

внутренний подшипник **F-803889.32224-A-J20B**



Примеры применения

3. Тяговый двигатель электровоза

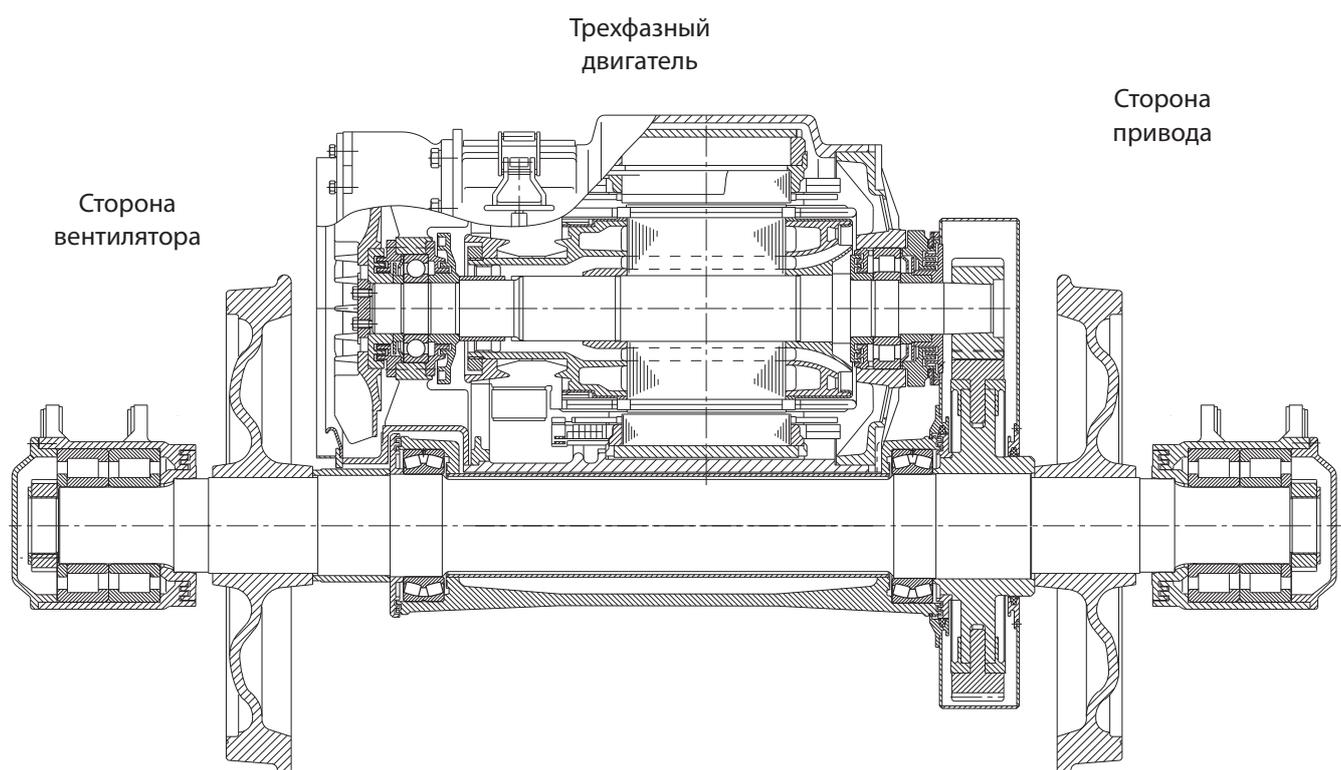
Радиальный шарикоподшипник и цилиндрический роликоподшипник с покрытием J20AA

Трехфазный электродвигатель мощностью 500 кВт

На роторный вал монтируется радиальный шарикоподшипник **6316-J20AA-C3** (со стороны вентилятора) и цилиндрический роликоподшипник **NU320-E-M1-J20AA-C4** (со стороны привода).

Оба подшипника смазываются консистентной смазкой, а также защищены лабиринтными уплотнениями от загрязнений и других внешних воздействий.

Предусмотрена возможность повторной смазки.



ООО «Шэффлер Руссланд»

Москва (Россия)

Телефон: +7 (495) 737-76-60

Факс: +7 (495) 737-76-53

inarussia@col.ru

fagmoskau@col.ru

www.schaefflerrussland.ru

Представительство в Санкт-Петербурге (Россия)

Телефон: +7 (812) 325-22-92, 572-15-79

Факс: +7 (812) 325-22-93

info@schaeffler.spb.ru

www.schaefflerrussland.ru

Представительство Schaeffler KG в Минске

(Республика Беларусь)

Телефон: +375 (17) 256-30-02

Факс: +375 (17) 256-30-04

fagminsk@mail.bn.by

Представительство Schaeffler KG в Киеве (Украина)

Телефон: +38 (044) 593-02-81

Факс: +38 (044) 593-02-83

fag@fag.kiev.ua

Schaeffler KG Buro Baltikum (Латвия)

Телефон: +371 706-37-95

Факс: +371 706-37-96

info@ina.lv

Schaeffler KG

Georg-Schafer-Strasse 30

97421 Schweinfurt

Internet: www.fag.de

E-mail: faginfo@schaeffler.com

In Deutschland:

Telefon: 0180 5003872

Telefax: 0180 5003873

Aus anderen Landern:

Telefon: +49 9721 91-0

Telefax: +49 9721 91-3435

Данная брошюра была тщательно составлена и проверена на наличие ошибок. Все же мы не несем ответственность за возможные опечатки или неполноту информации. Мы оставляем за собой право внесения изменений, обусловленных техническим прогрессом.

© Schaeffler KG. Октябрь 2007
Перепечатка, в том числе частичная, только с нашего согласия.