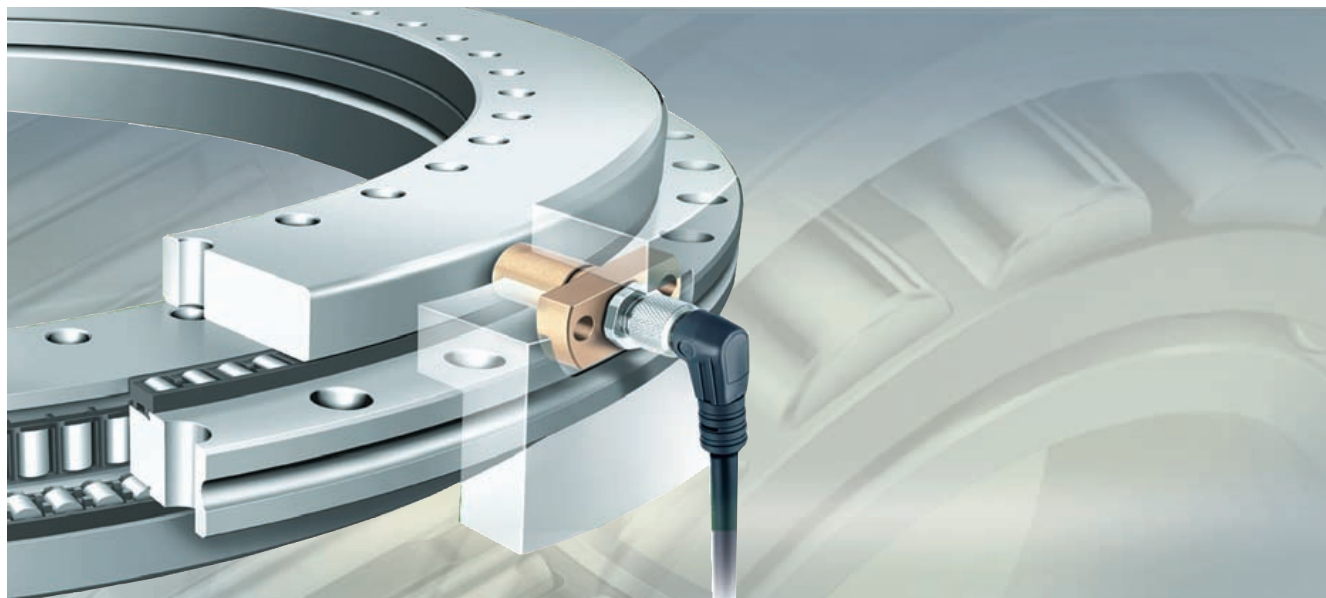




FAG



Прецизионные подшипники для комбинированных нагрузок

Подшипники комбинированные роликовые/игольчатые
Шарикоподшипники упорно-радиальные
Подшипники комбинированные
со встроенной системой измерения угла поворота

Прецизионные подшипники для комбинированных нагрузок

Подшипники комбинированные роликовые/игольчатые

..... 1110

Комбинированные подшипники представляют собой двойные упорные роликоподшипники, комбинированные с радиальным подшипником. Они имеют фланцы с крепежными отверстиями, смазаны и готовы к монтажу. Подшипники обладают крайне высокой жесткостью, грузоподъемностью, отсутствием зазора и точностью вращения, воспринимают радиальные и двусторонние осевые силы, а также опрокидывающие моменты. Выпускаются различные конструктивные ряды данных подшипников.

Для применений с низкой динамикой и малой продолжительностью включения, например, в делительно-поворотных столах и поворотных фрезерных головках, как правило, наиболее пригодны подшипники YRT.

Если требуется сравнительно низкое трение и более высокие частоты вращения, могут применяться подшипники RTC. При более высоких требованиях к точности такие подшипники могут изготавливаться с более узкими допусками торцовых биений.

Для осей с прямым приводом производятся подшипники YRT_{Speed}. Благодаря высоким предельным частотам вращения и низкому моменту трения во всем диапазоне частот вращения, эти подшипники наилучшим образом применимы в комбинации с высокомоментными двигателями прямого привода.

Шарикоподшипники упорно-радиальные

..... 1110

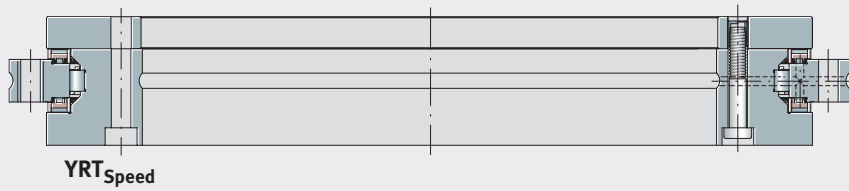
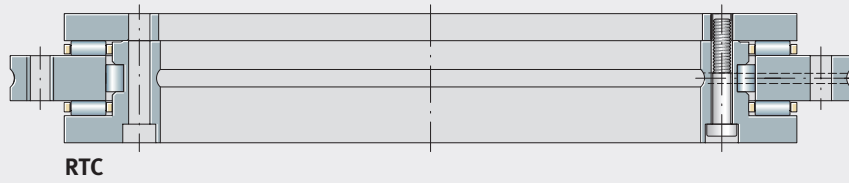
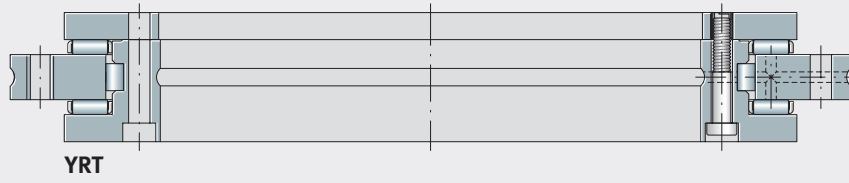
Упорно-радиальные шарикоподшипники конструктивного ряда ZKLDF характеризуются низким моментом трения, высокой точностью и очень высокой частотой вращения. Они имеют фланцы с отверстиями, смазаны и, таким образом, готовы к монтажу. Подшипники воспринимают высокие радиальные и осевые силы, их отличает высокая жесткость по опрокидывающему моменту.

Упорно-радиальные шарикоподшипники наилучшим образом пригодны для высокоточных применений и комбинированных нагрузок. Предпочтительными сферами их применения являются подшипниковые опоры в поворотных столах, фрезерных, шлифовальных и хонинговальных головках, а также в контрольно-измерительных устройствах.

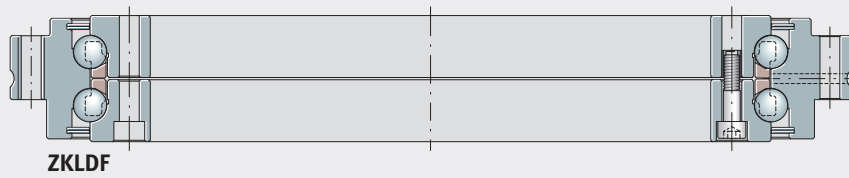
Подшипники со встроенной системой измерения угла поворота

..... 1144

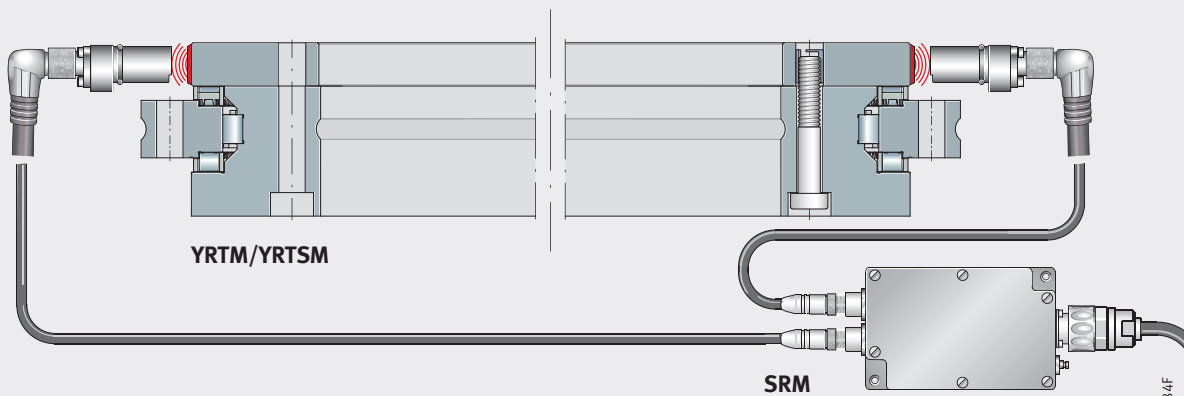
Подшипники комбинированные конструктивных рядов YRTM и YRTSM со встроенной системой измерения угла поворота своей механической частью соответствуют подшипникам YRT и YRTS, однако дополнительно оборудованы системой измерения угла поворота. Бесконтактная магниторезистивная измерительная система определяет угол поворота с точностью до нескольких угловых секунд.



00014884



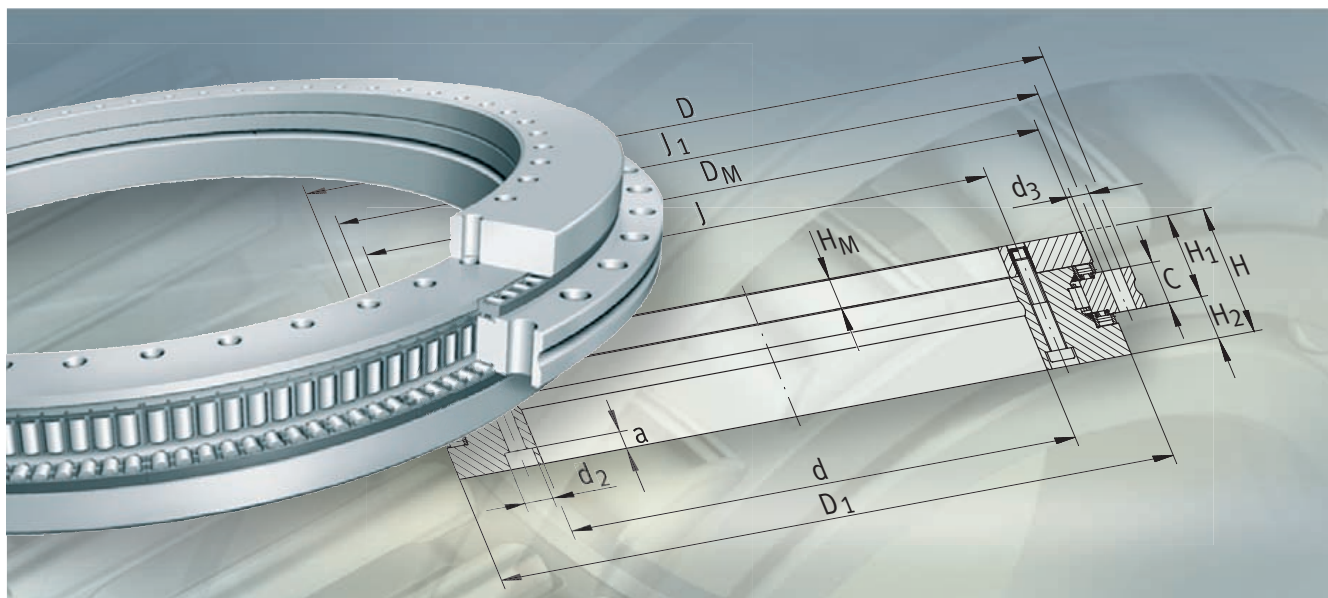
107 585



0001484F



FAG



**Подшипники комбинированные
роликовые/игольчатые
Шарикоподшипники
упорно-радиальные**

Подшипники комб. роликовые/игольч. Шарикоподшипн. упорно-радиальные

	страница
Общий обзор	Подшипники комбинированные роликовые/игольчатые, шарикоподшипники упорно-радиальные 1112
Основные свойства	Области применения 1114
	Подшипники комбинированные роликовые/игольчатые 1115
	Шарикоподшипники упорно-радиальные..... 1115
	Рабочая температура 1115
	Дополнительные обозначения 1115
Рекомендации конструктору и обеспечение надежности	Номинальная долговечность 1116
	Запас статической грузоподъемности 1116
	Диаграммы предельной статической нагрузки..... 1116
	Предельные частоты вращения 1120
	Предварительный натяг в подшипниках 1120
	Момент трения 1121
	Смазывание 1122
	Проектирование сопрягаемой конструкции..... 1123
	Посадки 1124
	Свободное и поддерживаемое тугое угловое кольцо 1128
	Монтаж..... 1130
Точность 1131
Жесткость	Статическая жесткость 1133
Специальное исполнение 1133
Таблицы размеров	Подшипники комбинированные роликовые/игольчатые, двойные, YRT 1134
	Подшипники комбинированные роликовые/игольчатые, двойные, RTC 1138
	Подшипники комбинированные роликовые/игольчатые, двойные, YRT _{Speed} 1140
	Шарикоподшипники упорно-радиальные, двухрядные, ZKLDf 1142



Общий обзор

Подшипники комб. роликовые/игольч. Шарикоподшипн. упорно-радиальные

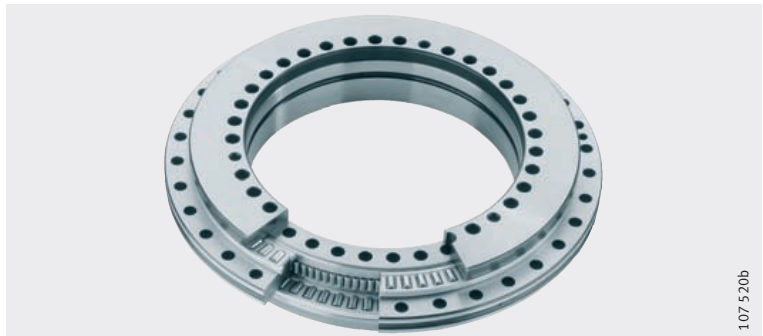
Подшипники
комбинированные
роликовые/игольчатые

YRT



107 305a

RTC



107 520b

для повышенных частот вращения

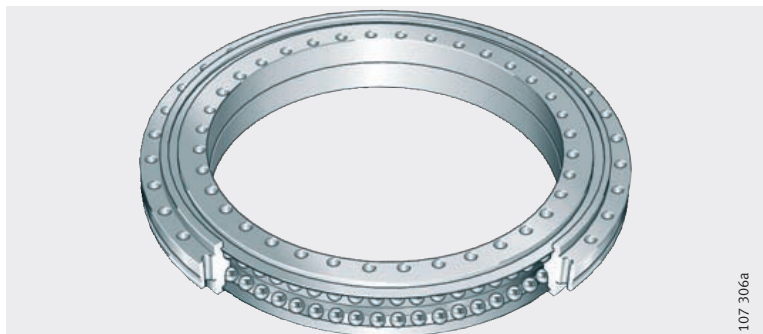
YRT_{Speed}



107 485c

Шарикоподшипники
упорно-радиальные

ZKLDF



107 306a

Подшипники комб. роликовые/игольч. Шарикоподшипн. упорно-радиальные

Основные свойства

Подшипники комбинированные с короткими цилиндрическими и игольчатыми роликами YRT, RTC и YRT_{Speed}, а также шарикоподшипники упорно-радиальные ZKLDF представляют собой готовые к монтажу прецизионные подшипники для высокоточных применений с комбинированными нагрузками. Подшипники обеспечивают отсутствие зазора и способны воспринимать радиальные и действующие в двух направлениях осевые силы, а также опрокидывающие моменты.

Наилучшим образом подшипники пригодны для опор с высокими требованиями к точности вращения, например, в поворотных столах, планшайбах, фрезерных головках и поворотных держателях.

Благодаря фланцам с крепежными отверстиями подшипники очень удобны в монтаже.

После монтажа подшипники имеют радиальный и осевой предварительный натяг.

Присоединительные размеры соответствующих подшипников всех конструктивных рядов идентичны.

С системой измерения угла поворота

Производятся также комбинированные роликовые/игольчатые подшипники со встроенной системой измерения угла поворота. Посредством бесконтактной магниторезистивной измерительной системы определяется угол поворота с точностью до нескольких угловых секунд, см. главу «Подшипники со встроенной системой измерения угла поворота», стр. 1144.



Подшипники комб. роликовые/игольч. Шарикоподшипн. упорно-радиальные

Области применения

Для стандартных применений с низкими частотами вращения и малой продолжительностью включения, например, в делительно-поворотных столах и поворотных фрезерных головках, наиболее пригодны подшипники конструктивного ряда YRT, *рис. 1*.

Эти подшипники поставляются с двумя классами допусков торцовых и радиальных биений.

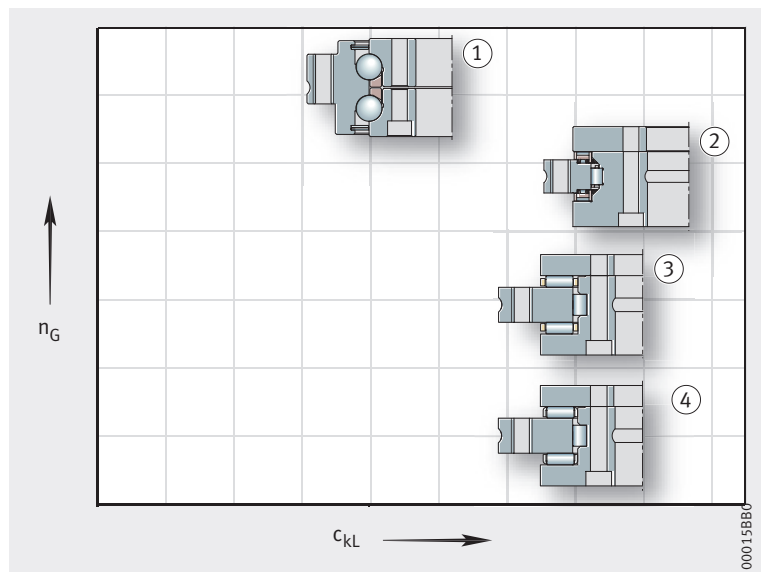
Если требуется сравнительно низкое трение и более высокие частоты вращения, могут применяться подшипники конструктивного ряда RTC, *рис. 1*. При более высоких точностных требованиях такие подшипники также могут поставляться с более узкими допусками торцовых биений.

Для осей вращения с прямым приводом производятся подшипники конструктивного ряда YRT_{Speed}. Благодаря высоким предельным частотам вращения и равномерному низкому моменту трения во всем диапазоне частот вращения эти подшипники наилучшим образом применимы в комбинации с высокомоментными двигателями прямого привода, *рис. 1*.

Упорно-радиальные шарикоподшипники конструктивного ряда ZKLDF наилучшим образом пригодны для применений с высокими частотами вращения и продолжительным включением, *рис. 1*. Они отличаются высокой жесткостью по опрокидывающему моменту, малым трением и низким расходом смазки.

- ① ZKLDF
 - ② YRT_{Speed}
 - ③ RTC
 - ④ YRT
- n_G = предельная частота вращения
 c_{kl} = жесткость по опрокидывающему моменту

Рисунок 1
Частота вращения и жесткость по опрокидывающему моменту



**Подшипники
комбинированные
роликовые/игольчатые**

Подшипники комбинированные роликовые/игольчатые конструктивных рядов YRT, RTC и YRT_{Speed} состоят из упорного (упорная часть) и радиального (радиальная часть) подшипников.

Упорная часть состоит из комплекта игольчатых или цилиндрических роликов с сепаратором, наружного кольца, углового и плоского тугих (внутренних) колец, и после монтажа приобретает осевой предварительный натяг. В радиальной части используется комплект цилиндрических роликов без сепаратора (YRT, RTC) или с сепаратором, имеющий предварительный натяг. Наружное кольцо, угловое и плоское внутренние кольца имеют фланец с крепежными отверстиями.

Стопорные винты фиксируют узел в сборе при транспортировании и во время манипуляций.

Уплотнения

Подшипники поставляются без уплотнений.

Смазывание

Подшипники YRT и YRT_{Speed} заполнены литиевой комплексной смазкой согласно GA08 и могут смазываться через наружное и угловое кольца. Для повторного смазывания применяется смазка Arcanol LOAD150.

Подшипники конструктивного ряда RTC заполнены смазкой Arcanol MULTITOP.

**Шарикоподшипники
упорно-радиальные**

Упорно-радиальные шарикоподшипники конструктивного ряда ZKLDF с углом контакта 60° состоят из неразъемного наружного кольца, двух внутренних колец и двух комплектов тел качения с сепараторами. Наружное и внутреннее кольца имеют фланцы с отверстиями для крепления подшипника винтами к сопрягаемой конструкции.

Стопорные винты фиксируют узел в сборе при транспортировании и во время манипуляций.

Уплотнения

Такие шарикоподшипники имеют защитные шайбы с двух сторон.

Смазывание

Подшипники заполнены бариевой комплексной смазкой согласно DIN 51 825–KPE2K–30 и могут смазываться повторно через наружное кольцо.

Рабочая температура

Комбинированные роликовые/игольчатые подшипники и упорно-радиальные шарикоподшипники предназначены для рабочих температур от –30 °C до +120 °C.

**Дополнительные
обозначения**

Дополнительные обозначения поставляемых исполнений подшипников приведены в табл.

Поставляемые исполнения

Дополнительное обозначение	Описание	Исполнение
H ₁ ...	Присоединительный размер H ₁ с более узким допуском (доп. обозн.: H ₁ с допуском ± ...). Значения более узкого допуска см. в табл., стр. 1131	Специальное, по заказу
H ₂ ...	Присоединительный размер H ₂ с более узким допуском (доп. обозн.: H ₂ с допуском ± ...). Значения более узкого допуска см. в табл., стр. 1131	
–	Допуски торцовых и радиальных биений сужены на 50% (доп. обозначение: торцовое/радиальное биение 50%)	



Подшипники комб. роликовые/игольч. Шарикоподшипн. упорно-радиальные

Рекомендации конструктору и обеспечение надежности Номинальная долговечность

Проверка грузоподъемности и долговечности должна быть произведена по отдельности для радиальной и упорной частей подшипника.

За проверочным расчетом номинальной долговечности следует обратиться с запросом к нам. При этом следует указать частоту вращения, нагрузку и продолжительность включения.

Запас статической грузоподъемности

Запас статической грузоподъемности S_0 характеризует запас грузоподъемности до возникновения недопустимых пластических деформаций в подшипнике:

$$S_0 = \frac{C_{0r}}{F_{0r}} \text{ или } \frac{C_{0a}}{F_{0a}}$$

S_0 – запас статической грузоподъемности;
 C_{0r}, C_{0a} – статическая грузоподъемность по таблицам размеров;
 F_{0r}, F_{0a} – максимальная статическая нагрузка на радиальный или упорный подшипник.



Значение S_0 для применений в металлообрабатывающих станках и для схожих применений должно быть > 4 .

Диаграммы предельных статических нагрузок

Диаграммы предельных статических нагрузок позволяют:

- быстро проверить правильность подбора размера подшипника при преимущественно статической нагрузке;
- определить опрокидывающий момент M_k , который подшипник способен воспринимать дополнительно к осевой нагрузке.

Диаграммы учитывают запас статической грузоподъемности $S_0 \geq 4$ для комплектов тел качения, а также прочность винтов и колец подшипника.



При подборе размера подшипника не следует превышать предельную статическую нагрузку. Пример приведен на *рис. 2*.

Подшипники комбинированные роликовые/игольчатые

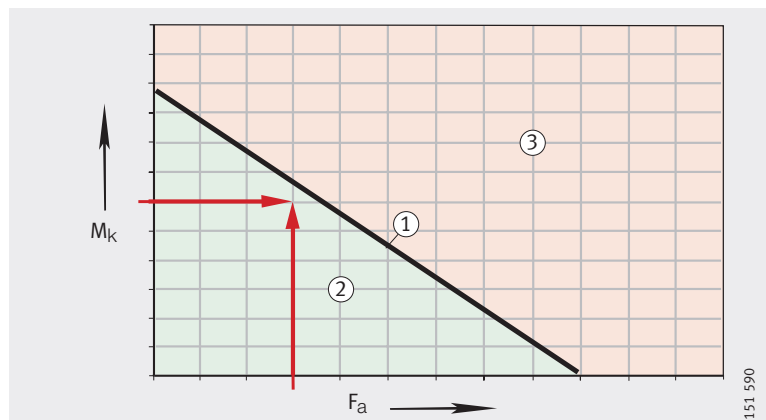
Диаграммы предельных статических нагрузок для подшипников конструктивных рядов YRT, YRTS и RTC приведены на рисунках: от *рис. 3*, стр. 1117 до *рис. 9*, стр. 1119.

Шарикоподшипники упорно-радиальные

Диаграммы предельных статических нагрузок для подшипников конструктивного ряда ZKLDF приведены на *рис. 10* и *рис. 11*, стр. 1119.

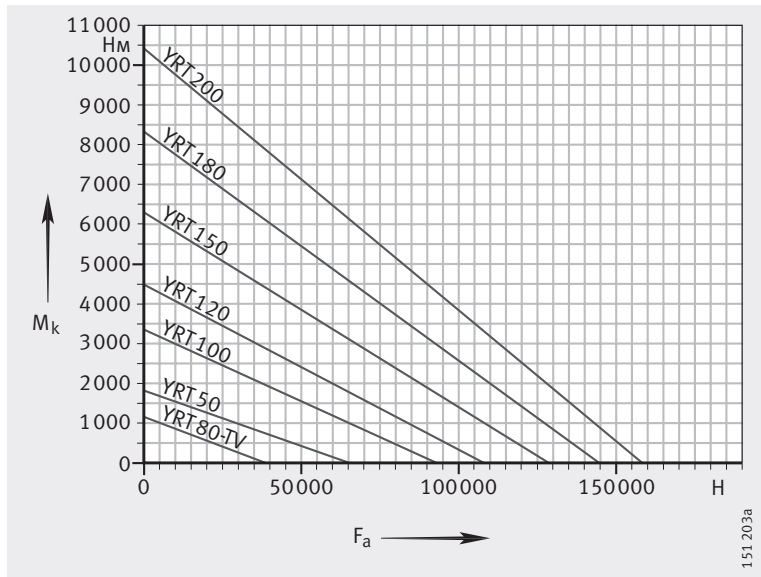
① подшипник, размер
 ② допустимая область
 ③ недопустимая область
 M_k = максимальный опрокидывающий момент
 F_a = осевая нагрузка

Рисунок 2
Пример диаграммы предельной статической нагрузки



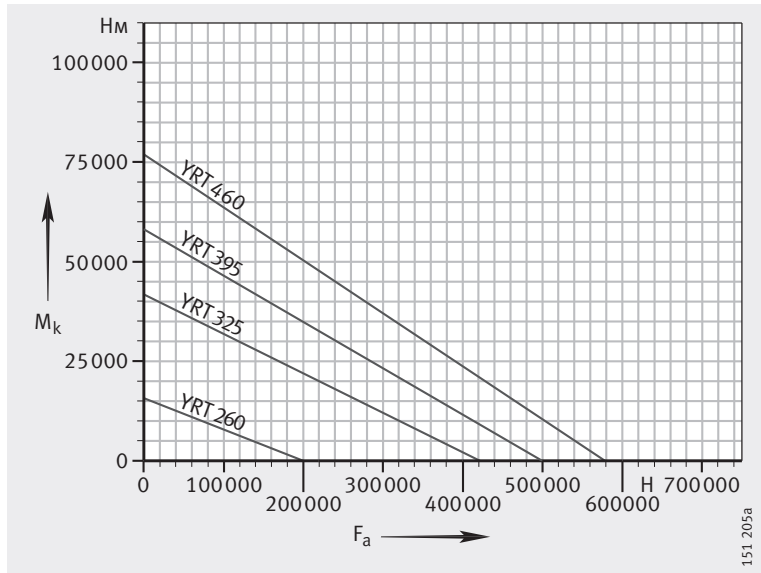
M_k = максимальный опрокидывающий момент
 F_a = осевая нагрузка

Рисунок 3
 Диаграмма предельных статических нагрузок для подшипников от YRT50 до YRT200



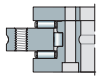
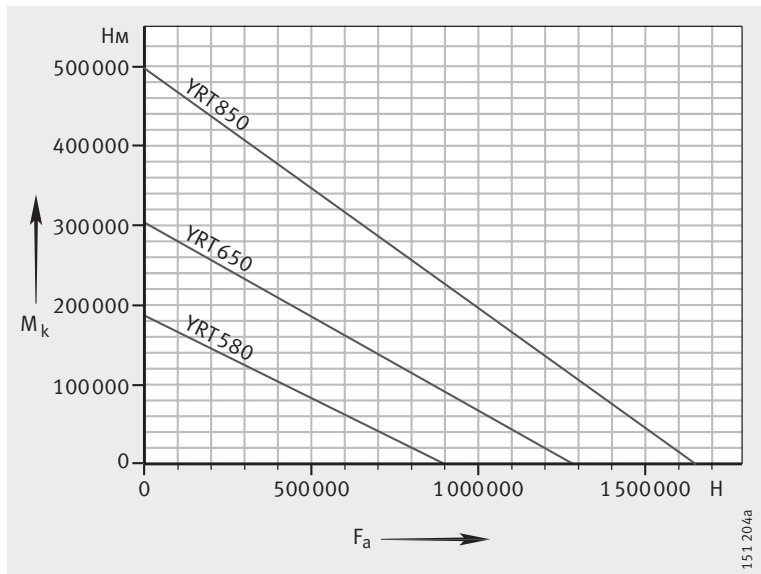
M_k = максимальный опрокидывающий момент
 F_a = осевая нагрузка

Рисунок 4
 Диаграмма предельных статических нагрузок для подшипников от YRT260 до YRT460



M_k = максимальный опрокидывающий момент
 F_a = осевая нагрузка

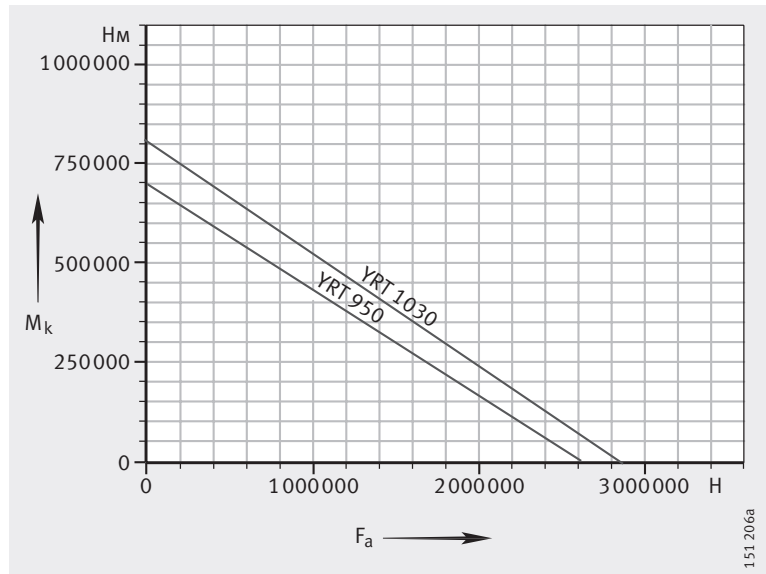
Рисунок 5
 Диаграмма предельных статических нагрузок для подшипников от YRT580 до YRT850



Подшипники комб. роликовые/игольч. Шарикоподшипн. упорно-радиальные

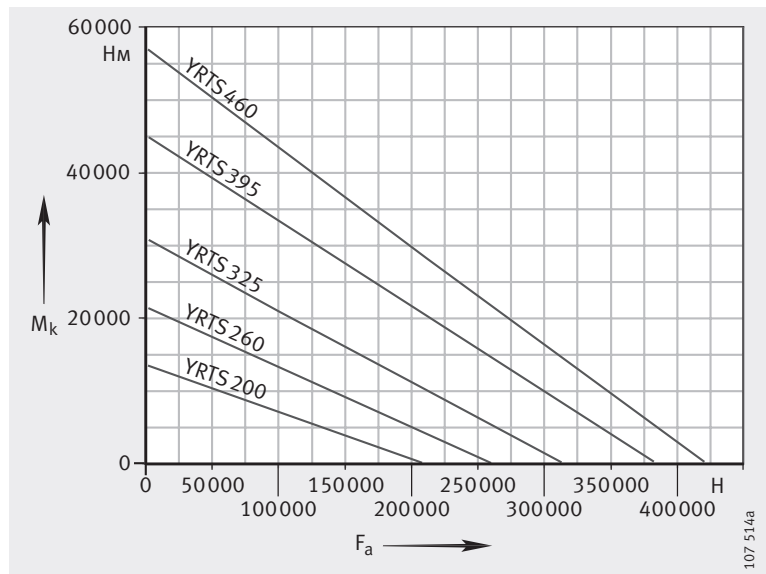
M_k = максимальный опрокидывающий момент
 F_a = осевая нагрузка

Рисунок 6
Диаграмма предельных статических нагрузок для подшипников от YRT950 до YRT1030



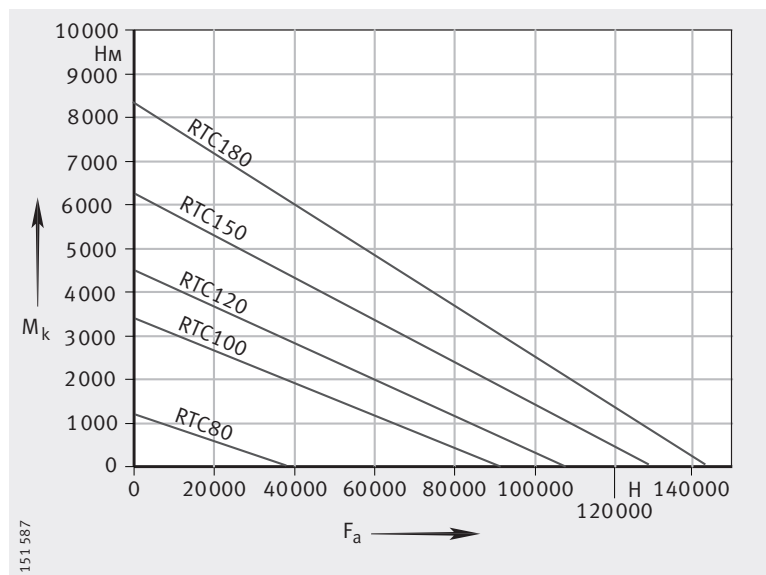
M_k = максимальный опрокидывающий момент
 F_a = осевая нагрузка

Рисунок 7
Диаграмма предельных статических нагрузок для подшипников от YRT_{Speed}200 до YRT_{Speed}460



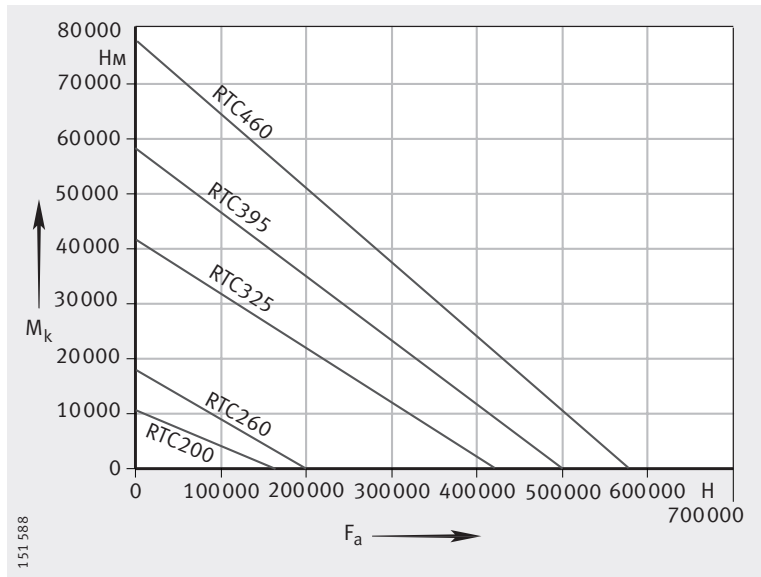
M_k = максимальный опрокидывающий момент
 F_a = осевая нагрузка

Рисунок 8
Диаграмма предельных статических нагрузок для подшипников от RTC80 до RTC180



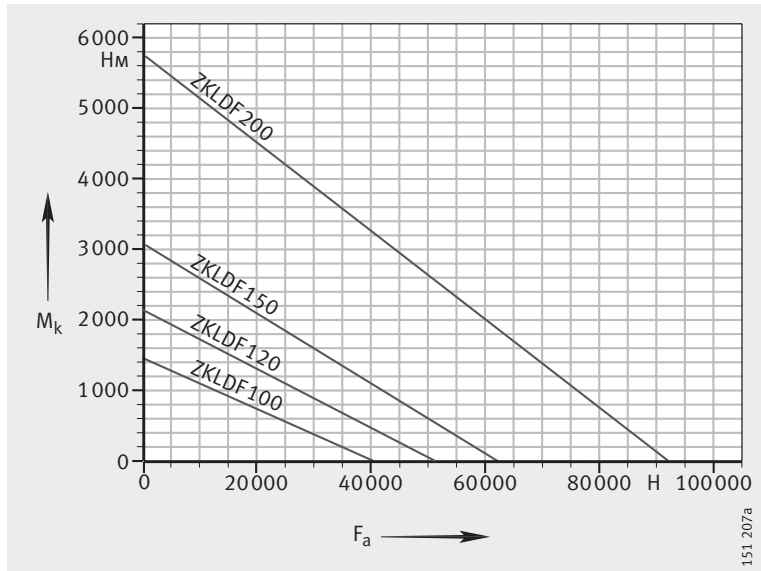
M_k = максимальный опрокидывающий момент
 F_a = осевая нагрузка

Рисунок 9
 Диаграмма предельных статических нагрузок для подшипников от RTC200 до RTC460



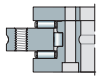
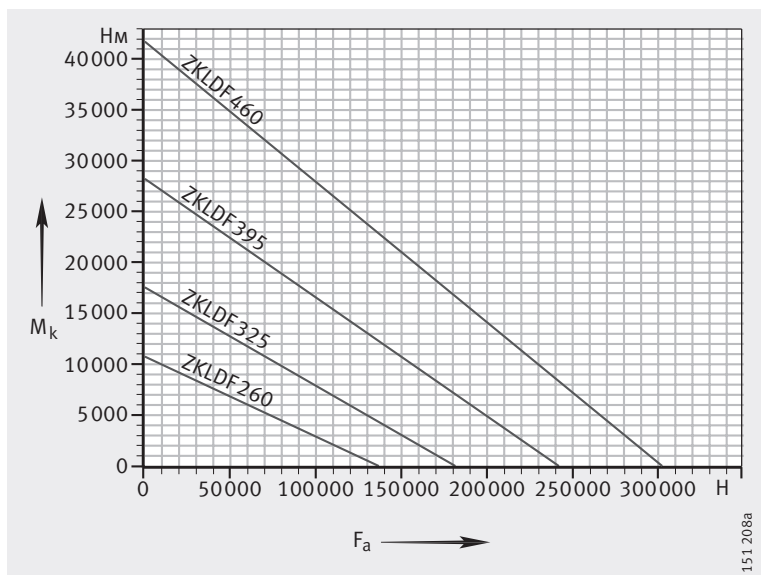
M_k = максимальный опрокидывающий момент
 F_a = осевая нагрузка

Рисунок 10
 Диаграмма предельных статических нагрузок для подшипников от ZKLDF100 до ZKLDF200



M_k = максимальный опрокидывающий момент
 F_a = осевая нагрузка

Рисунок 11
 Диаграмма предельных статических нагрузок для подшипников от ZKLDF260 до ZKLDF460



Подшипники комб. роликовые/игольч. Шарикоподшипн. упорно-радиальные

Предельные частоты вращения



Подшипники обеспечивают приведенные в таблицах размеров предельные частоты вращения n_G . При этом установившаяся рабочая температура сильно зависит от окружающих условий. Определение рабочих температур возможно посредством расчета теплового баланса на основе данных о моменте трения.

Если окружающие условия, такие, как допуски сопрягаемой конструкции, условия смазывания, температура, теплоотвод отличаются от предписанных значений или от условий эксплуатации, характерных для металлообрабатывающих станков, то потребуются новые исследования. Для этого следует обратиться к нам с запросом.

Предварительный натяг в подшипниках

После монтажа и окончательного закрепления винтами в подшипниках устанавливается беззазорность и радиальный и осевой натяг.

Разница температур

Разница температур вала и корпуса влияет на радиальный натяг в подшипнике и, таким образом, на эксплуатационные характеристики подшипниковой опоры.

Если температура вала выше температуры корпуса, соразмерно увеличивается радиальный натяг в подшипнике, т.е. нагрузка на тела качения, трение в подшипнике и температура подшипника увеличиваются.

Если температура вала ниже температуры корпуса, соразмерно уменьшается радиальный натяг, т.е. жесткость снижается вплоть до появления зазора в подшипнике, и увеличивается износ.

Момент трения

На момент трения подшипника M_{RL} в первую очередь влияют вязкость и количество смазочного вещества и величина предварительного натяга подшипника:

- вязкость и количество смазки зависят от сорта смазочного материала и рабочей температуры;
- предварительный натяг в подшипнике зависит от посадок при монтаже, точности формы сопрягаемых деталей, разницы температур между внутренним и наружным кольцами, момента затяжки крепежных винтов и конструкции узла (в зависимости от того, имеется ли осевая поддержка внутреннего кольца с одной или с двух сторон).

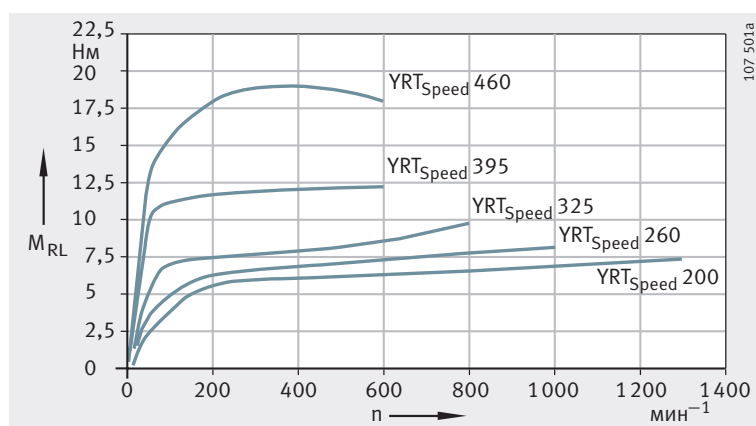
Моменты трения M_{RL} в таблицах размеров являются статистическими ориентировочными значениями, полученными при измерениях на смазанных консистентной смазкой подшипниках (частота вращения во время измерений $n_{const} = 5 \text{ мин}^{-1}$). На *рис. 12* показаны измеренные моменты трения подшипников конструктивного ряда YRT_{Speed} в случае монтажа углового кольца без осевой поддержки.



Отклонения от предписанных моментов затяжки крепежных винтов негативно влияют на предварительный натяг и момент трения подшипника.

M_{RL} = момент трения
 n = частота вращения

Рисунок 12
Ориентировочные значения моментов трения подшипников конструктивного ряда YRT_{Speed} , статистические значения из серий испытаний



Мощность потерь на трение и выбор характеристик привода



Для подшипников конструктивных рядов YRT и RTC следует учитывать, что момент трения с ростом частоты вращения может увеличиться в 2 – 2,5 раза.

Для подшипников конструктивного ряда ZKLDF следует учитывать, что пусковой момент трения может быть в 1,5 раза выше значений M_{RL} , приведенных в таблицах размеров.

Подшипники комб. роликовые/игольч. Шарикоподшипн. упорно-радиальные

Смазывание

Комбинированные роликовые/игольчатые подшипники конструктивных рядов YRT, RTC и YRT_{Speed} могут быть смазаны повторно через угловое и наружное кольца.

Упорно-радиальные шарикоподшипники конструктивного ряда ZKLDF смазываются через наружное кольцо.

Первичная заполненная на заводе консистентная смазка совместима со смазочными маслами на минеральной основе.

Для расчета периодичности повторных смазываний и количества смазки просим Вас обращаться к нам с запросом, предоставив данные режимов эксплуатации (частота вращения, нагрузка, продолжительность включения) и условий окружающей среды.

Избыточное смазывание

При избыточном количестве смазки в подшипнике увеличиваются момент трения и температура.

Для восстановления прежнего момента трения следует произвести цикл обкатки согласно рис. 13.



Необходимо соблюдать дальнейшие указания по смазыванию, приводимые в главе «Смазывание», стр. 76.

n_G = предельная частота вращения по таблицам размеров
 t = время

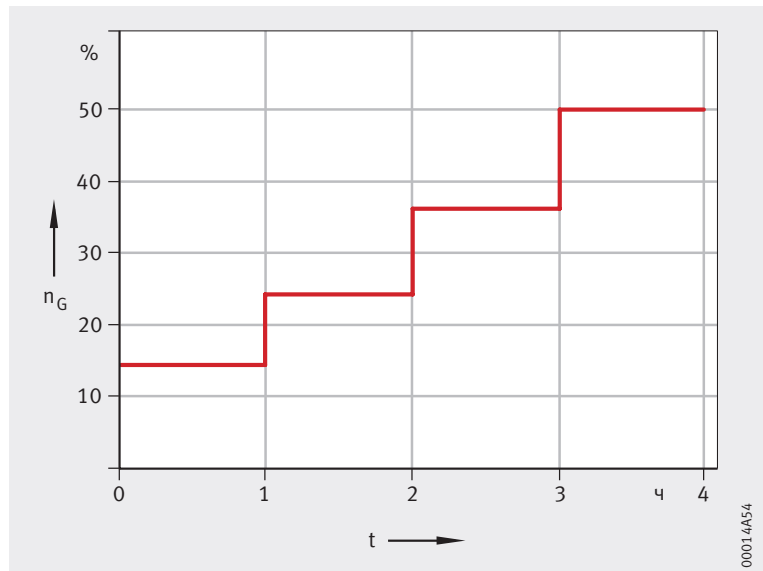


Рисунок 13
Цикл обкатки после избыточного смазывания

Группа смазок по применимости GA08

Условное обозначение	Классификация	Тип консистентной смазки	Температура эксплуатации °C	Класс NLGI	Скоростная характеристика $n \cdot d_M$ мин ⁻¹ · мм	Класс ISO-VG (базовое масло) ¹⁾
GA08	Консистентная смазка для линейного контакта	Литиевый комплексный загуститель, минеральное масло	от -30 до +140	от 2 до 3	500 000	от 150 до 320

1) В зависимости от типа подшипника.

Проектирование сопрягаемой конструкции

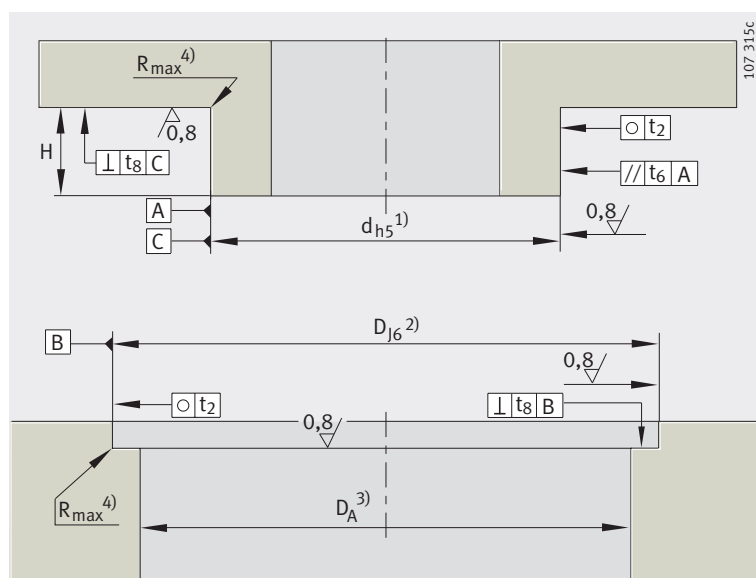


Подшипники конструктивных рядов YRT, RTC, YRT_{Speed} и ZKLDF имеют практически одинаковые присоединительные размеры.

Погрешности формы сопрягаемых поверхностей и используемые посадки влияют на точность вращения, предварительный натяг и динамические свойства подшипниковой опоры. Поэтому точность сопрягаемых поверхностей должна быть согласована с общими требованиями к точности узла. Допуски сопрягаемых поверхностей должны лежать в пределах допусков точности вращения подшипника.

Сопрягаемую конструкцию следует исполнить в соответствии с рис. 14, обеспечив допуски согласно значениям по таблицам начиная со стр. 1126. Отклонения от этих значений имеют негативное влияние на момент трения подшипника, точность вращения и динамические свойства подшипниковой опоры.

Рисунок 14
Требования к сопрягаемой конструкции для подшипников YRT, RTC, YRT_{Speed}, ZKLDF



Пояснения к рис. 14

- 1) Опора по всей высоте подшипника. Следует обеспечить достаточную жесткость опорной поверхности.
- 2) Точная посадка необходима только в том случае, если в силу нагрузок требуется опора подшипника в радиальном направлении, или необходимо обеспечить точное положение подшипника.
- 3) Следует учитывать диаметр подшипника D_1 согласно таблицам размеров. Следует обеспечить достаточное расстояние от вращающегося кольца подшипника до сопрягаемой конструкции.
- 4) Значения приведены в таблице максимальных радиусов галтелей посадочных поверхностей на стр. 1127.

Подшипники комб. роликовые/игольч. Шарикоподшипн. упорно-радиальные

Посадки

С заданными допусками возникают переходные посадки, т.е. в зависимости от фактического размера диаметра подшипника и присоединительных размеров могут образовываться посадки с зазором или посадки с натягом.



Помимо прочего, посадка влияет на точность вращения подшипника и его динамические свойства.

Слишком тугая посадка увеличивает радиальный натяг в подшипнике. Вследствие этого:

- увеличивается трение и нагрев подшипника, а также усиливаются нагрузка на дорожки качения и износ;
- снижаются достижимые частоты вращения и срок службы подшипника.

Для упрощения работы по подгонке сопрягаемой конструкции к фактическим размерам подшипника к каждому подшипнику конструктивных рядов RTC и YRT_{Speed} прилагается протокол измерений (для других конструктивных рядов протокол предоставляется по запросу).

Торцовое и радиальное биение подшипникового узла

На торцовые и радиальные биения влияют следующие факторы:

- точность вращения подшипника;
- точность формы сопрягаемых поверхностей;
- допуски посадки вращающегося кольца в сопрягаемой конструкции.



Для достижения максимальной точности вращения следует стремиться к нулевому зазору посадки.

Рекомендуемые посадки на вал

Вал должен быть изготовлен с допуском h5, для подшипников конструктивного ряда YRT_{Speed} – согласно таблице на стр. 1127.

В случае особых требований зазор посадки в пределах поля допуска вала h5 должен быть дополнительно уменьшен.

- При требованиях к точности вращения:
для достижения максимальной точности вращения при вращающемся внутреннем кольце следует стремиться к посадке с нулевым (0) зазором. В противном случае зазор посадки может прибавиться к радиальному биению подшипника. При стандартных требованиях к точности вращения или при неподвижном внутреннем кольце вал следует исполнить с допуском h5.
- При требованиях к динамическим свойствам:
 - для режимов с поворотными движениями на ограниченный угол ($n \times d < 35\,000 \text{ мин}^{-1} \cdot \text{мм}$, продолжительность включения ED < 10%) вал следует изготавливать с допуском h5;
 - при повышенных частотах вращения и более продолжительном включении натяг не должен превышать значение 0,01 мм. Для подшипников конструктивного ряда YRT_{Speed} не следует превышать натяг 0,005 мм.

У подшипников конструктивного ряда ZKLDF при вышеуказанном согласовании зазора (натяга) посадки следует ориентироваться на внутреннее кольцо, имеющее наименьший диаметр отверстия.

Рекомендуемые посадки в корпус

Корпус должен быть выполнен с допуском J6, для подшипников конструктивного ряда YRT_{Speed} – согласно таблице «Рекомендуемые посадки на вал и в корпус», стр. 1127.

В случае особых требований зазор посадки в пределах поля допуска отверстия J6 должен быть дополнительно уменьшен.

- При требованиях к точности вращения:
для достижения максимальной точности вращения при вращающемся наружном кольце следует стремиться к посадке с нулевым (0) зазором. При неподвижном наружном кольце по отверстию корпуса следует выбирать посадку с зазором или исполнять без радиального центрирования.
- При требованиях к динамическим свойствам:
 - для режимов с поворотными движениями на ограниченный угол ($n \times d < 35\,000 \text{ мин}^{-1} \cdot \text{мм}$, продолжительность включения ED < 10%) и вращающемся наружном кольце посадка по корпусу выполняется с полем допуска J6;
 - при повышенных частотах вращения и увеличенной продолжительности включения наружное кольцо подшипника не следует центрировать в радиальном направлении, или посадку в корпус выполнить с зазором не менее 0,02 мм. Данными мерами нивелируется увеличение натяга при нагревании подшипникового узла.

Выбор посадки в зависимости от крепления колец подшипника

Если наружное кольцо подшипника крепится к неподвижной детали, то можно отказаться от посадки с натягом, или выполнить ее согласно таблице «Рекомендуемые посадки на вал и в корпус», стр. 1127. При использовании табличных значений образуется переходная посадка с тенденцией к посадке с зазором. Как правило, это облегчает монтаж подшипника.

Если внутреннее кольцо крепится к неподвижной детали, то по функциональным причинам следует обеспечить его опору на вал по всей высоте подшипника. Размеры вала должны быть выдержаны в соответствии с данными таблиц, начиная со стр. 1126.

При использовании значений из таблиц также образуется переходная посадка с тенденцией к посадке с зазором.



Подшипники комб. роликовые/игольч. Шарикоподшипн. упорно-радиальные

Точность формы и расположения сопрягаемой конструкции



Допуски формы и расположения вала для подшипников YRT, RTC, ZKLDF

Приведенные в следующих таблицах значения точности формы и расположения поверхностей сопрягаемой конструкции зарекомендовали себя при практическом использовании и являются достаточными для преобладающей части применений.

Допуски формы влияют на торцовые и радиальные биения подшипникового узла, а также на момент трения подшипника и динамические свойства подшипниковой опоры.

Номинальный размер вала d мм		Предельное отклонение от номинального размера d для допуска h5 мкм	Круглость Параллельность Перпендикулярность t ₂ , t ₆ , t ₈ мкм
свыше	до		
50	80	0 -13	3
80	120	0 -15	4
120	180	0 -18	5
180	250	0 -20	7
250	315	0 -23	8
315	400	0 -25	9
400	500	0 -27	10
500	630	0 -32	11
630	800	0 -36	13
800	1 000	0 -40	15
1 000	1 250	0 -47	18

Допуски формы и расположения корпуса для подшипников YRT, RTC, ZKLDF

Номинальный размер отверстия в корпусе D мм		Предельные отклонения от номинального размера D для допуска J6 мкм	Круглость Перпендикулярность t ₂ , t ₈ мкм
свыше	до		
120	180	+18 -7	5
180	250	+22 -7	7
250	315	+25 -7	8
315	400	+29 -7	9
400	500	+33 -7	10
500	630	+34 -7	11
630	800	+38 -8	13
800	1 000	+44 -12	15
1 000	1 250	+52 -14	18

**Рекомендуемые посадки
на вал и в корпус
для подшипников YRT_{Speed}**

Подшипники комбинированные роликовые/игольчатые	Диаметр вала d мм	Диаметр отверстия корпуса D мм
YRT _{Speed} 200	200 ^{-0,01} _{-0,024}	300 ^{+0,011} _{-0,005}
YRT _{Speed} 260	260 ^{-0,013} _{-0,029}	385 ^{+0,013} _{-0,005}
YRT _{Speed} 325	325 ^{-0,018} _{-0,036}	450 ^{+0,015} _{-0,005}
YRT _{Speed} 395	395 ^{-0,018} _{-0,036}	525 ^{+0,017} _{-0,005}
YRT _{Speed} 460	460 ^{-0,018} _{-0,038}	600 ^{+0,017} _{-0,005}

**Допуски формы и
расположения вала
для подшипников YRT_{Speed}**

Подшипники комбинированные роликовые/игольчатые	Допуск круглости t ₂ мкм	Допуск параллель- ности t ₆ мкм	Допуск перпенди- кулярности t ₈ мкм
YRT _{Speed} 200	6	5	5
от YRT _{Speed} 260 до YRT _{Speed} 460	8	5	7

**Допуски формы и
расположения корпуса
для подшипников YRT_{Speed}**

Подшипники комбинированные роликовые/игольчатые	Допуск круглости t ₂ мкм	Допуск перпенди- кулярности t ₈ мкм
от YRT _{Speed} 200 до YRT _{Speed} 460	6	8



**Максимальные радиусы галтелей
посадочных поверхностей
для подшипников YRT, RTC,
YRT_{Speed}, ZKLDF**

Диаметр отверстия d мм	Максимальный радиус галтеля R _{max} мм
от 50 до 150	0,1
свыше 150 до 460	0,3
свыше 460 до 950	1

Подшипники комб. роликовые/игольч. Шарикоподшипн. упорно-радиальные

Присоединительные
размеры H_1 , H_2



Если требуется минимально возможное отклонение высоты, то допуск присоединительного размера H_1 следует исполнить согласно данным таблиц на стр. 1131, стр. 1132 и *рис. 15*.

Размером H_2 задается положение применяемого в отдельных случаях червячного колеса, *рис. 15* и *рис. 16*, стр. 1129, угловое кольцо с поддержкой прижимным кольцом.

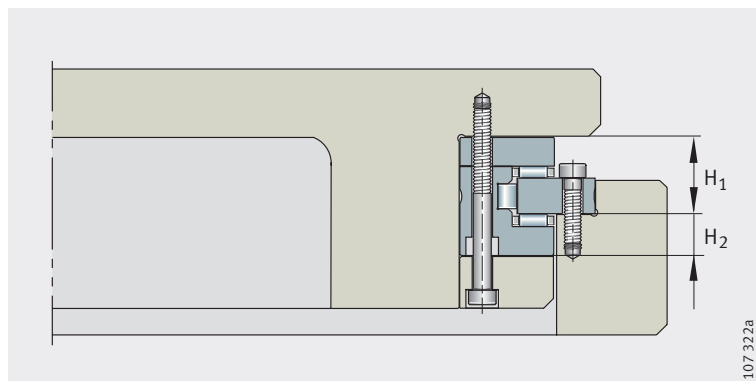


Рисунок 15
Присоединительные
размеры H_1 , H_2

Свободное и поддерживаемое тугое угловое кольцо

Угловое кольцо подшипников конструктивных рядов YRT и RTC может устанавливаться свободным или с поддержкой по всей поверхности посредством прижимного кольца, *рис. 16*, стр. 1129. Угловое кольцо, устанавливаемое с поддержкой прижимным кольцом, обладает более высокой жесткостью по опрокидывающему моменту. Прижимное кольцо (например, червячное колесо) в комплект поставки не входит.

В зависимости от варианта монтажа для упорной части подшипников конструктивных рядов YRT и RTC требуются различные значения предварительного натяга с тем, чтобы в смонтированном состоянии обеспечить одинаковые силы осевого предварительного натяга в подшипнике.

Для подшипников конструктивных рядов YRT_{Speed} и ZKLDF имеется только один специфицированный предварительный натяг. Увеличение жесткости и момента трения в подшипниках конструктивного ряда YRT_{Speed} незначительно и в обычных случаях может не учитываться.

У подшипников конструктивного ряда ZKLDF прижимное кольцо не влияет на жесткость и момент трения.

Угловое кольцо без поддержки

Для компоновок с угловым кольцом без поддержки условное обозначение подшипника имеет вид:

- YRT <диаметр отверстия> или
- RTC <диаметр отверстия>.

**Угловое кольцо
с поддержкой прижимным
кольцом**

Для компоновок углового кольца с поддержкой прижимным кольцом условное обозначение подшипника имеет вид:

■ YRT <диаметр отверстия> **VSP**;

■ RTC <диаметр отверстия> **T52EB**.

Для подшипников RTC с более узким допуском торцового биения условное обозначение подшипника имеет вид:

■ RTC <диаметр отверстия> **T52EA**.



Для компоновок опор с поддержкой прижимным кольцом подшипники следует заказывать исключительно с дополнительными обозначениями VSP, T52EB или T52EA.

Если подшипник в стандартном исполнении установить в конструкцию с поддержкой прижимным кольцом, то момент трения подшипника значительно возрастет.

Прижимное кольцо должно быть не менее чем в два раза толще (по высоте), чем плоское тугое кольцо подшипника.

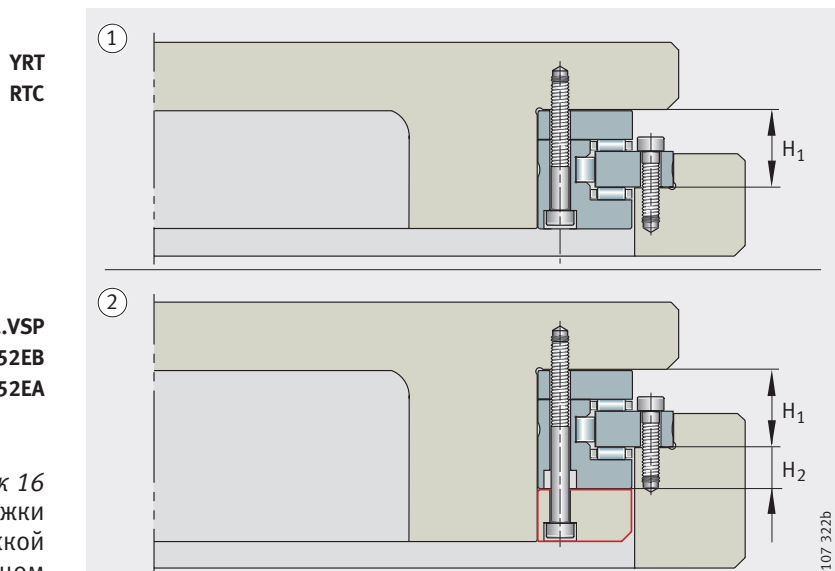


Рисунок 16

- ① угловое кольцо без поддержки
- ② угловое кольцо с поддержкой прижимным кольцом

Подшипники комб. роликовые/игольч. Шарикоподшипн. упорно-радиальные

Монтаж Стопорные винты фиксируют составные части подшипников при транспортировании. Для упрощения центрирования подшипника следует перед монтажом ослабить винты, а после монтажа закрутить их снова или удалить.

Затягивать крепежные винты следует динамометрическим ключом крест-накрест в три этапа до предписанного момента затяжки M_A , подшипники ZKLDF при этом следует вращать, *рис. 17*:

■ 1 этап 40% от M_A ;

■ 2 этап 70% от M_A ;

■ 3 этап 100% от M_A .

Следует учитывать класс прочности крепежных винтов.



Прилагать монтажные усилия следует только к монтируемому кольцу подшипника. Не допускается передача усилий через тела качения.

При монтаже и демонтаже подшипников отделять или заменять их составные части не допускается.

Если вращение подшипника происходит с затруднениями против обычного, следует ослабить крепежные винты и снова поэтапно затянуть их крест-накрест. Это позволит устранить перекос.

Осуществлять монтаж подшипников следует в соответствии с руководством по монтажу и техническому обслуживанию TPI 103.

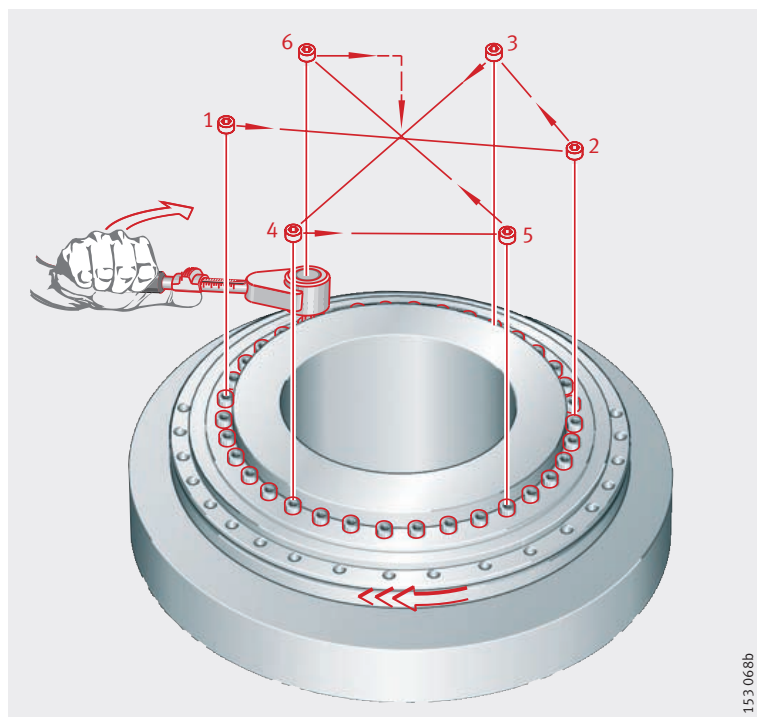


Рисунок 17
Последовательность затяжки
крепежных винтов

Точность

Допуски размеров являются производными от класса точности P5. Допуски диаметров являются средними значениями согласно ISO 1132.

Допуски формы и расположения соответствуют классу точности P4 по DIN 620, см. табл.

Отверстия подшипников конструктивных рядов YRT, RTC и YRT_{Speed} в поставляемом состоянии могут иметь небольшую конусность. Она является типичной для данного конструктивного исполнения, и возникает под воздействием усилий предварительного натяга радиальной части подшипника. При монтаже точная геометрическая форма подшипника восстанавливается.

Допуски размеров, установочные размеры, торцовые и радиальные биения подшипников YRT, ZKLDf

Допуски размеров ¹⁾				Установочный размер						Торцовое и радиальное биение ²⁾	
Отверстие		Наружный диаметр		H ₁	Δ _{H1s}	уменьшено ³⁾	H ₂	уменьшено ³⁾	нормальное	уменьшено ³⁾	
d	Δ _{ds}	D	Δ _{Ds}								мм
50	-0,008	126	-0,011	20	±0,125	±0,025	10	±0,02	2	1	
80	-0,009	146	-0,011	23,35	±0,15	±0,025	11,65	±0,02	3	1,5	
100	-0,01	185	-0,015	25	±0,175	±0,025	13	±0,02	3	1,5	
120	-0,01	210	-0,015	26	±0,175	±0,025	14	±0,02	3	1,5	
150	-0,013	240	-0,015	26	±0,175	±0,03	14	±0,02	3	1,5	
180	-0,013	280	-0,018	29	±0,175	±0,03	14	±0,025	4	2	
200	-0,015	300	-0,018	30	±0,175	±0,03	15	±0,025	4	2	
260	-0,018	385	-0,02	36,5	±0,2	±0,04	18,5	±0,025	6	3	
325	-0,023	450	-0,023	40	±0,2	±0,05	20	±0,025	6	3	
395	-0,023	525	-0,028	42,5	±0,2	±0,05	22,5	±0,025	6	3	
460	-0,023	600	-0,028	46	±0,225	±0,06	24	±0,03	6	3	
580	-0,025	750	-0,035	60	±0,25	±0,075	30	±0,03	10	5 ⁴⁾	
650	-0,038	870	-0,05	78	±0,25	±0,1	44	±0,03	10	5 ⁴⁾	
850	-0,05	1 095	-0,063	80,5	±0,3	±0,12	43,5	±0,03	12	6 ⁴⁾	
950	-0,05	1 200	-0,063	86	±0,3	±0,12	46	±0,03	12	6 ⁴⁾	
1 030	-0,063	1 300	-0,08	92,5	±0,3	±0,15	52,5	±0,03	12	6 ⁴⁾	

1) Приведенные допуски диаметров являются средними значениями (DIN 620).

2) Для внутреннего и наружного колец при вращении. Измеряются на смонтированном подшипнике при идеальной сопряженной конструкции.

3) Специальное исполнение, только для конструктивного ряда YRT.

4) Только по заказу, для вращающегося наружного кольца.



Подшипники комб. роликовые/игольч. Шарикоподшипн. упорно-радиальные

Допуски размеров,
установочные размеры,
торцовые и радиальные биения
подшипников RTC

Допуски размеров						Установочный размер		Торцовое и радиальное биение ¹⁾ нормальное	Торцовое биение ¹⁾ уменьшено
Отверстие		Наружный диаметр		Высота подшипника		H ₁	ΔH _{1s}		
d	Δ _{ds}	D	Δ _{Ds}	H	Δ _{Hs}			мм	мм
80	-0,009	146	-0,011	35	+0,025 -0,15	23,35	±0,025	3	1,5
100	-0,01	185	-0,015	38	+0,025 -0,15	25	±0,025	3	1,5
120	-0,01	210	-0,015	40	+0,025 -0,15	26	±0,025	3	1,5
150	-0,013	240	-0,015	40	+0,03 -0,175	26	±0,03	3	1,5
180	-0,013	280	-0,018	43	+0,03 -0,175	29	±0,03	4	2
200	-0,015	300	-0,018	45	+0,03 -0,2	30	±0,03	4	2
260	-0,018	385	-0,020	55	+0,04 -0,25	36,5	±0,04	5	3
325	-0,023	450	-0,023	60	+0,05 -0,3	40	±0,05	5	3
395	-0,023	525	-0,028	65	+0,05 -0,3	42,5	±0,05	5	3
460	-0,027	600	-0,028	70	+0,06 -0,35	46	±0,06	6	3

1) Для внутреннего и наружного колец при вращении.
Измеряются на смонтированном подшипнике при идеальной сопряженной конструкции.

Допуски размеров,
установочные размеры,
торцовые и радиальные биения
подшипников YRT_{Speed}

Допуски размеров				Установочный размер			Торцовое и радиальное биение ¹⁾
Отверстие		Наружный диаметр		H ₁	ΔH _{1s}	H ₂	
d	Δ _{ds}	D	Δ _{Ds}				мм
200	-0,015	300	-0,018	30	+0,04 -0,06	15	4
260	-0,018	385	-0,02	36,5	+0,05 -0,07	18,5	6
325	-0,023	450	-0,023	40	+0,06 -0,07	20	6
395	-0,023	525	-0,028	42,5	+0,06 -0,07	22,5	6
460	-0,023	600	-0,028	46	+0,07 -0,08	24	6

1) Для внутреннего и наружного колец при вращении.
Измеряются на смонтированном подшипнике при идеальной сопряженной конструкции.

Жесткость

Статическая жесткость

Жесткость подшипникового узла характеризует величину смещения оси вращения под нагрузкой от ее идеального положения. Таким образом, статическая жесткость имеет непосредственное влияние на точность обработки детали.

В таблицах размеров приведены значения жесткости подшипникового узла в сборе, см. от стр. 1134 до стр. 1143. Учтена упругая деформация комплекта тел качения, а также колец подшипника и винтовых соединений фланцев.

Дополнительно указанные значения жесткости для комплектов тел качения определены расчетным путем и приводятся исключительно для ознакомления. Они обеспечивают возможность сравнения с конструктивными исполнениями других подшипников, поскольку в каталогах подшипников, как правило, приводятся только более высокие значения жесткости комплектов тел качения.

Специальное исполнение

По заказу поставляются:

подшипники YRT с допусками торцовых и радиальных биений, суженными на 50%. Дополнительно указать при заказе: торцовое и радиальное биение 50%;

подшипники RTC с допусками торцовых биений, суженными на 50%. Дополнительно указать при заказе: торцовое биение 50%;

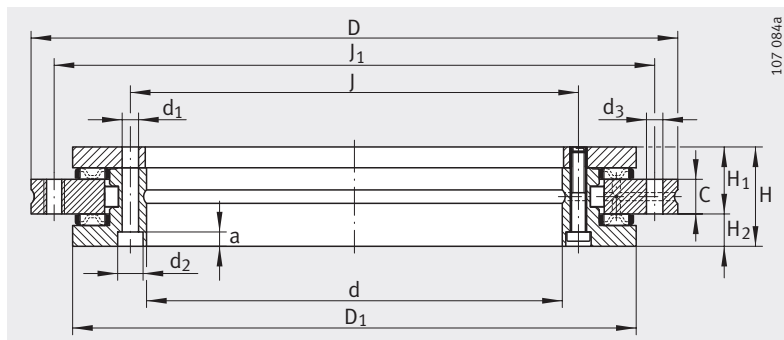
подшипники YRT с более узкими допусками установочных размеров H_1 и H_2 . Дополнительно указать при заказе: H_1 с допуском $\pm \dots$, H_2 с допуском $\pm \dots$

Значения более узких допусков приведены в табл., стр. 1131.



Подшипники комбинированные роликовые/ игольчатые

двойные



YRT

Таблица размеров · Размеры в мм

Условное обозначение	Масса m ≈ кг	Размеры									Крепежные отверстия					
		d	D	H	H ₁	H ₂	C	D ₁ макс.	J	J ₁	Внутреннее кольцо			Наружное кольцо		
											d ₁	d ₂	a	Количество ⁴⁾	d ₃	Количество ⁴⁾
YRT50	1,6	50	126	30	20	10	10	105	63	116	5,6	—	—	10	5,6	12
YRT80-TV⁵⁾⁷⁾	2,4	80	146	35	23,35	11,65	12	130	92	138	5,6	10	4	10	4,6	12
YRT100⁵⁾	4,1	100	185	38	25	13	12	161	112	170	5,6	10	5,4	16	5,6	15
YRT120	5,3	120	210	40	26	14	12	185	135	195	7	11	6,2	22	7	21
YRT150	6,2	150	240	40	26	14	12	214	165	225	7	11	6,2	34	7	33
YRT180	7,7	180	280	43	29	14	15	244	194	260	7	11	6,2	46	7	45
YRT200	9,7	200	300	45	30	15	15	274	215	285	7	11	6,2	46	7	45
YRT260	18,3	260	385	55	36,5	18,5	18	345	280	365	9,3	15	8,2	34	9,3	33

1) Включая стопорные винты или отжимную резьбу.

2) Моменты затяжки винтов по DIN 912, класс прочности 10.9.

3) Значения жесткости приведены с учетом комплекта тел качения, деформации колец подшипника и винтовых соединений фланцев. Пояснения см. на стр. 1133.

4) Внимание!
Данные для крепежных отверстий в сопрягаемой конструкции. Следует учитывать шаг крепежных отверстий в подшипнике.

5) Цековки отверстий под винты в угловом кольце со стороны отверстия подшипника открыты. Внутренний диаметр подшипника в области ② произвольный.

6) При продолжительном включении и работе в длительном режиме следует обратиться к нам с запросом.

7) Сепараторы из армированного стекловолокном полиамида 66.

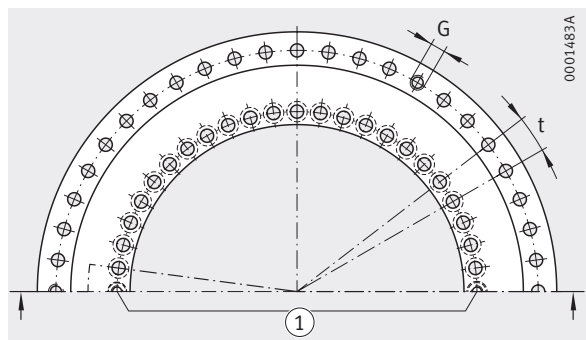
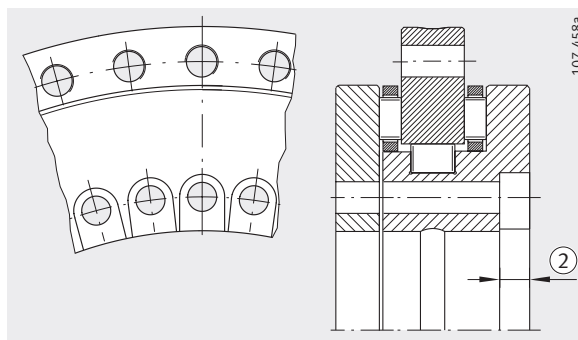


Схема расположения отверстий
① два стопорных винта



Для YRT80-TV и YRT100:
② цековки отверстий под винты открыты⁵⁾

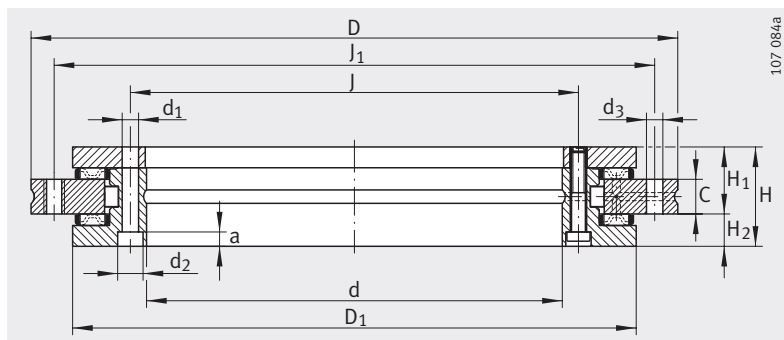
Угловой шаг отверстий $t^1)$ Количество x	Отжимная резьба		Момент затяжки винтов $M_A^{2)}$ Нм	Грузоподъемность				Предельная частота вращения ⁶⁾ n_G мин ⁻¹	Момент трения подшипника M_{RL} Нм
	G	Количество		осевая		радиальная			
				дин. C_a Н	стат. C_{0a} Н	дин. C_r Н	стат. C_{0r} Н		
12X30°	—	—	8,5	56 000	280 000	28 500	49 500	440	2,5
12X30°	—	—	8,5/4,5	38 000	158 000	44 000	98 000	350	3
18X20°	M5	3	8,5	73 000	370 000	52 000	108 000	280	3
24X15°	M8	3	14	80 000	445 000	70 000	148 000	230	7
36X10°	M8	3	14	85 000	510 000	77 000	179 000	210	13
48X 7,5°	M8	3	14	92 000	580 000	83 000	209 000	190	14
48X 7,5°	M8	3	14	98 000	650 000	89 000	236 000	170	15
36X10°	M12	3	34	109 000	810 000	102 000	310 000	130	25



Условное обозначение	Жесткость					
	подшипниковой опоры ³⁾			набора тел качения		
	осевая C_{aL} кН/мкм	радиальная C_{rL} кН/мкм	по опрокидывающему моменту C_{kL} кНм/мрад	осевая C_{aL} кН/мкм	радиальная C_{rL} кН/мкм	по опрокидывающему моменту C_{kL} кНм/мрад
YRT50	1,3	1,1	1,25	6,2	1,5	5,9
YRT80-TV⁵⁾⁷⁾	1,6	1,8	2,5	4	2,6	6,3
YRT100⁵⁾	2	2	5	6,8	2,4	15
YRT120	2,1	2,2	7	7,8	3,8	24
YRT150	2,3	2,6	11	8,7	4,6	38
YRT180	2,6	3	17	9,9	5,3	57
YRT200	3	3,5	23	11,2	6,2	80
YRT260	3,5	4,5	45	13,7	8,1	155

Подшипники комбинированные роликовые/ игольчатые

двойные



YRT

Таблица размеров (продолжение) · Размеры в мм

Условное обозначение	Масса m ≈ кг	Размеры										Крепежные отверстия					
		d	D	H	H ₁	H ₂	C	D ₁ макс.	J	J ₁	Внутреннее кольцо				Наружное кольцо		
											d ₁	d ₂	a	Количество ⁴⁾	d ₃	Количество ⁴⁾	
YRT325 ⁵⁾	25	325	450	60	40	20	20	415	342	430	9,3	15	8,2	34	9,3	33	
YRT395	33	395	525	65	42,5	22,5	20	486	415	505	9,3	15	8,2	46	9,3	45	
YRT460	45	460	600	70	46	24	22	560	482	580	9,3	15	8,2	46	9,3	45	
YRT580	89	580	750	90	60	30	30	700	610	720	11,4	18	11	46	11,4	42	
YRT650	170	650	870	122	78	44	34	800	680	830	14	20	13	46	14	42	
YRT850	253	850	1 095	124	80,5	43,5	37	1 018	890	1 055	18	26	17	58	18	54	
YRT950 ⁷⁾	312	950	1 200	132	86	46	40	1 130	990	1 160	18	26	17	58	18	54	
YRT1030	375	1 030	1 300	145	92,5	–	40	1 215	1 075	1 255	18	26	17	70	18	66	

1) Включая стопорные винты или отжимную резьбу.

2) Моменты затяжки винтов по DIN 912, класс прочности 10.9.

3) Значения жесткости приведены с учетом комплекта тел качения, деформации колец подшипника и винтовых соединений фланцев. Пояснения см. на стр. 1133.

4) Внимание!
Данные для крепежных отверстий в сопрягаемой конструкции. Следует учитывать шаг крепежных отверстий в подшипнике.

5) Цековки отверстий под винты в угловом кольце со стороны отверстия подшипника открыты. Внутренний диаметр подшипника в области ② произвольный.

6) При продолжительном включении и работе в длительном режиме следует обратиться к нам с запросом.

7) Поставляется только по заказу.

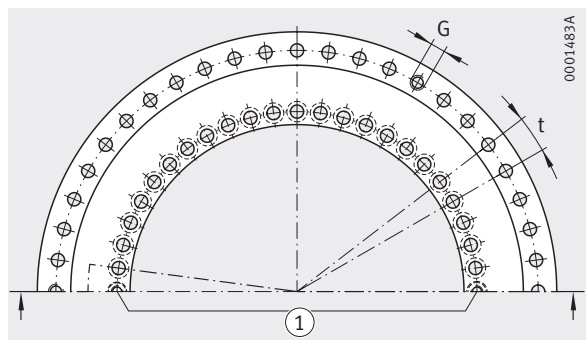
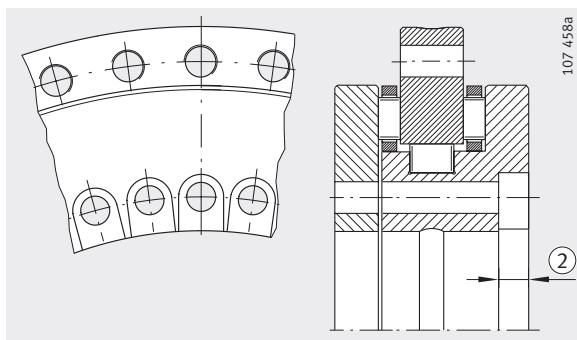


Схема расположения отверстий
① два стопорных винта



Для YRT325:
② цековки отверстий под винты открыты⁵⁾

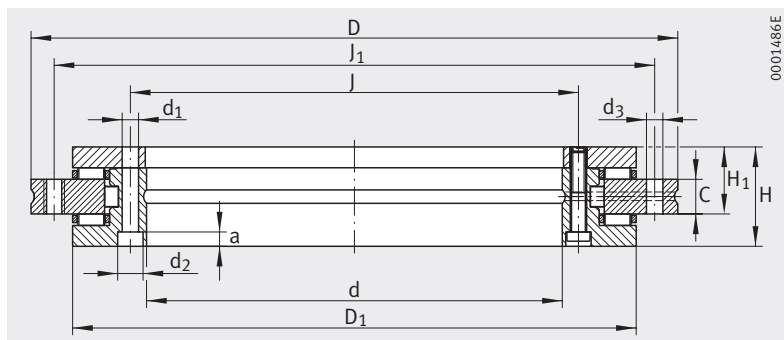
Угловой шаг отверстий $t^1)$ Количество $\times t$	Отжимная резьба		Момент затяжки винтов $M_A^{2)}$ Нм	Грузоподъемность				Предельная частота вращения ⁶⁾ n_G мин ⁻¹	Момент трения подшипника M_{RL} Нм
	G	Коли- чество		осевая		радиальная			
				дин. C_a Н	стат. C_{0a} Н	дин. C_r Н	стат. C_{0r} Н		
36X10°	M12	3	34	186 000	1 710 000	134 000	415 000	110	48
48X 7,5°	M12	3	34	202 000	2 010 000	133 000	435 000	90	55
48X 7,5°	M12	3	34	217 000	2 300 000	187 000	650 000	80	70
48X 7,5°	M12	6	68	390 000	3 600 000	211 000	820 000	60	140
48X 7,5°	M12	6	116	495 000	5 200 000	415 000	1 500 000	55	200
60X 6°	M12	6	284	560 000	6 600 000	475 000	1 970 000	40	300
60X 6°	M16	6	284	1 040 000	10 300 000	600 000	2 450 000	40	600
72X 5°	M16	6	284	1 080 000	11 000 000	620 000	2 650 000	35	800



Условное обозначение	Жесткость					
	подшипниковой опоры ³⁾			набора тел качения		
	осевая C_{aL} кН/мкм	радиальная C_{rL} кН/мкм	по опрокидыва- ющему моменту C_{kL} кНм/мрад	осевая C_{aL} кН/мкм	радиальная C_{rL} кН/мкм	по опрокидыва- ющему моменту C_{kL} кНм/мрад
YRT325 ⁵⁾	4,3	5	80	26,1	9,4	422
YRT395	4,9	6	130	30,3	11,3	684
YRT460	5,7	7	200	33,5	13,9	1 049
YRT580	6,9	9	380	42,1	17,4	2 062
YRT650	7,6	10	550	58,3	13,7	3 669
YRT850	9,3	13	1 100	73,4	20,2	7 587
YRT950 ⁷⁾	10,4	14	1 500	74,5	16,4	9 692
YRT1030	11,2	16	1 900	79,7	18,8	12 025

Подшипники комбинированные роликовые/ игольчатые

двойные



RTC

Таблица размеров · Размеры в мм

Условные обозначения	Масса m ≈kg	Размеры ⁷⁾								Крепежные отверстия					
		d	D	H	H ₁	C	D ₁ макс.	J	J ₁	Внутреннее кольцо			Наружное кольцо		
										d ₁	d ₂	a	Количество ⁴⁾	d ₃	Количество ⁴⁾
RTC80 ⁵⁾	2	80	146	35	23,35	12	130	92	138	5,6	10	5,7	12	4,6	12
RTC100 ⁵⁾	4	100	185	38	25	12	161	112	170	5,6	10	5,7	15	5,6	18
RTC120	5	120	210	40	26	12	185	135	195	7	11	7	21	7	24
RTC150	5,8	150	240	40	26	12	214	165	225	7	11	7	33	7	36
RTC180	8	180	280	43	29	15	244	194	260	7	11	7	45	7	48
RTC200	9,3	200	300	45	30	15	274	215	285	7	11	7	45	7	48
RTC260	18	260	385	55	36,5	18	345	280	365	9,3	15	9,3	33	9,3	36
RTC325 ⁵⁾	25	325	450	60	40	20	415	342	430	9,3	15	9,3	33	9,3	36
RTC395	33	395	525	65	42,5	20	486	415	505	9,3	15	9,3	45	9,3	48
RTC460	48	460	600	70	46	22	560	482	580	9,3	15	9,3	45	9,3	48

1) Включая стопорные винты или отжимную резьбу.

2) Моменты затяжки винтов по DIN 912, класс прочности 10.9.

3) Значения жесткости приведены с учетом комплекта тел качения, деформации колец подшипника и винтовых соединений фланцев. Пояснения см. на стр. 1133.

4) Внимание!

Данные для крепежных отверстий в сопрягаемой конструкции. Следует учитывать шаг крепежных отверстий в подшипнике.

5) Цековки отверстий под винты в угловом кольце со стороны отверстия подшипника открыты. Внутренний диаметр подшипника в области ② произвольный.

6) При продолжительном включении и работе в длительном режиме следует обратиться к нам с запросом.

7) Подшипники с размером $d > 460$ мм поставляются по заказу.

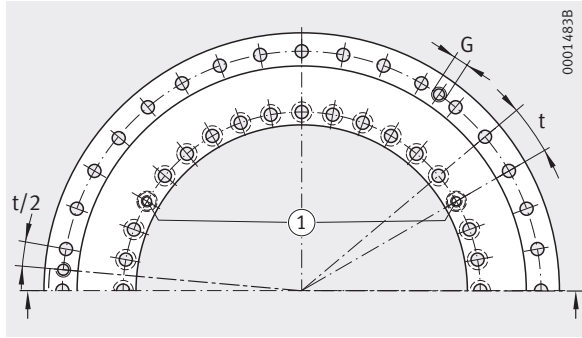
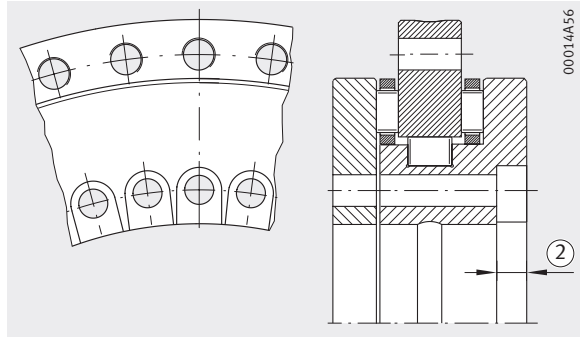
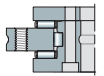


Схема расположения отверстий
① три стопорных винта



Для RTC80, RTC100 и RTC325:
② цековки отверстий под винты открыты⁵⁾

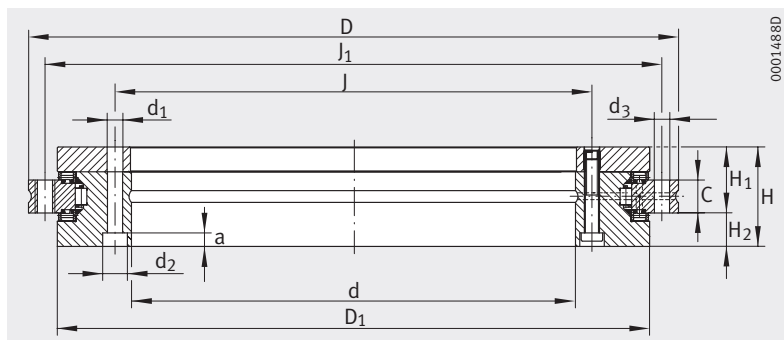
Угловой шаг отверстий $t^1)$	Отжимная резьба		Момент затяжки винтов $M_A^{2)}$ Нм	Грузоподъемность				Предельная частота вращения ⁶⁾ n_G мин ⁻¹	Момент трения подшипника M_{RL} Нм
	G	Коли- чество		осевая		радиальная			
				дин. C_a Н	стат. C_{0a} Н	дин. C_r Н	стат. C_{0r} Н		
12X30°	—	—	8,5	56 000	255 000	42 500	100 000	530	1
18X20°	M5	3	8,5	76 500	415 000	47 500	120 000	430	4
24X15°	M6	3	14	102 000	540 000	52 000	143 000	340	5
36X10°	M6	3	14	112 000	630 000	56 000	170 000	320	7
48X 7,5°	M6	3	14	118 000	710 000	69 500	200 000	280	9
48X 7,5°	M6	3	14	120 000	765 000	81 500	220 000	260	11
36X10°	M8	3	34	160 000	1 060 000	93 000	290 000	200	16
36X10°	M8	3	34	275 000	1 930 000	120 000	345 000	170	27
48X 7,5°	M8	3	34	300 000	2 280 000	186 000	655 000	140	42
48X 7,5°	M8	3	34	355 000	2 800 000	200 000	765 000	120	55



Условное обозначение	Жесткость					
	подшипниковой опоры ³⁾			набора тел качения		
	осевая C_{aL} кН/мкм	радиальная C_{rL} кН/мкм	по опрокидыва- ющему моменту C_{kL} кНм/мрад	осевая C_{aL} кН/мкм	радиальная C_{rL} кН/мкм	по опрокидыва- ющему моменту C_{kL} кНм/мрад
RTC80⁵⁾	0,71	1,8	1,6	5,6	2,1	9
RTC100⁵⁾	1,2	2	5	9,1	3,5	21
RTC120	1,3	2,2	7	9,1	5,7	29
RTC150	1,5	2,6	11	10,6	7,1	45
RTC180	1,7	3	17	11,6	6,3	67
RTC200	1,8	3,5	23	12,2	5,8	88
RTC260	2,1	4,5	45	17,4	7,5	201
RTC325⁵⁾	2,8	5	80	25	6,5	429
RTC395	3,4	6	130	28,9	11,9	698
RTC460	3,9	7	200	32,6	13,7	1 020

Подшипники комбинированные роликовые/ игольчатые

двойные



YRT_{Speed}

Таблица размеров · Размеры в мм

Условное обозначение	Масса m ≈ кг	Размеры										Крепежные отверстия					
		d	D	H	H ₁	H ₂	C	D ₁	J	J ₁	Внутреннее кольцо			Наружное кольцо			
											d ₁	d ₂	a	Количество ³⁾	d ₃	Количество ³⁾	
YRTS200	9,7	200_{-0,015}	300 _{-0,018}	45	30	15	15	274	215	285	7	11	6,2	46	7	45	
YRTS260	18,3	260_{-0,018}	385 _{-0,02}	55	36,5	18,5	18	345	280	365	9,3	15	8,2	34	9,3	33	
YRTS325⁵⁾	25	325_{-0,023}	450 _{-0,023}	60	40	20	20	415	342	430	9,3	15	8,2 ⁵⁾	34	9,3	33	
YRTS395	33	395_{-0,023}	525 _{-0,028}	65	42,5	22,5	20	486	415	505	9,3	15	8,2	46	9,3	45	
YRTS460	45	460_{-0,023}	600 _{-0,023}	70	46	24	22	560	482	580	9,3	15	8,2	46	9,3	45	

1) Включая стопорные винты или отжимную резьбу.

2) Моменты затяжки винтов по DIN 912, класс прочности 10.9.

3) Внимание!

Данные для крепежных отверстий в сопрягаемой конструкции.
Следует учитывать шаг крепежных отверстий в подшипнике.

4) Значения жесткости приведены с учетом комплекта тел качения, деформации колец подшипника и винтовых соединений фланцев.
Пояснения см. на стр. 1133.

5) Цековки отверстий под винты в угловом кольце со стороны отверстия подшипника открыты.
Внутренний диаметр подшипника в области ② произвольный.

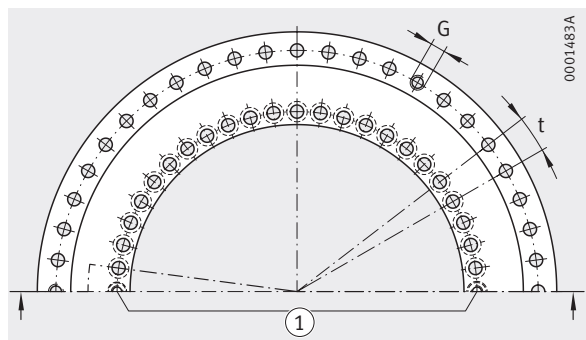
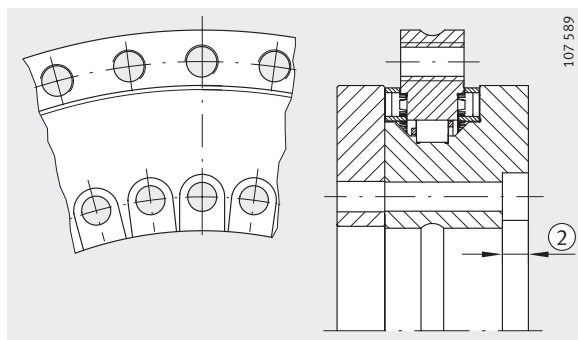


Схема расположения отверстий
① два стопорных винта



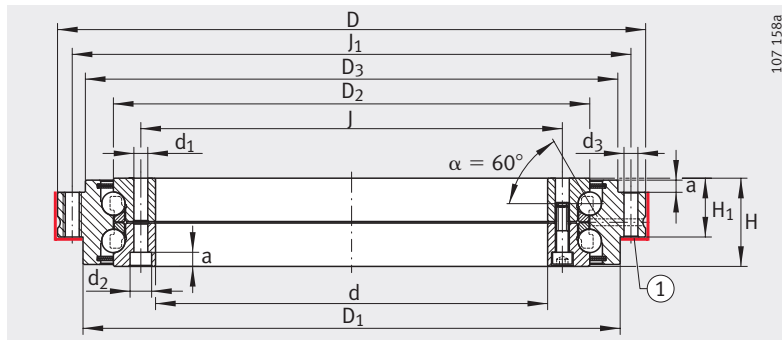
Для YRTS325:
② цековки отверстий под винты открыты⁵⁾

Угловой шаг отверстий $t^1)$ Количество $\times t$	Отжимная резьба		Момент затяжки винтов $M_A^{2)}$ Нм	Грузоподъемность				Предельная частота вращения n_G мин ⁻¹	Момент инерции для вращающегося	
	G	Коли- чество		осевая		радиальная			внутреннего кольца IR M_M кг·см ²	наружного кольца AU M_M кг·см ²
				дин. C_a Н	стат. C_{0a} Н	дин. C_r Н	стат. C_{0r} Н			
48X 7,5°	M8	3	14	155 000	840 000	94 000	226 000	1 160	667	435
36X10°	M12	3	34	173 000	1 050 000	110 000	305 000	910	2 074	1 422
36X10°	M12	3	34	191 000	1 260 000	109 000	320 000	760	4 506	2 489
48X 7,5°	M12	3	34	214 000	1 540 000	121 000	390 000	650	8 352	4 254
48X 7,5°	M12	3	34	221 000	1 690 000	168 000	570 000	560	15 738	7 379



Условное обозначение	Жесткость					
	подшипниковой опоры ⁴⁾			набора тел качения		
	осевая C_{aL} кН/мкм	радиальная C_{rL} кН/мкм	по опрокидыва- ющему моменту C_{kL} кНм/мрад	осевая C_{aL} кН/мкм	радиальная C_{rL} кН/мкм	по опрокидыва- ющему моменту C_{kL} кНм/мрад
YRTS200	4	1,2	29	13,6	3,9	101
YRTS260	5,4	1,6	67	16,8	5,8	201
YRTS325⁵⁾	6,6	1,8	115	19,9	7,1	350
YRTS395	7,8	2	195	23,4	8,7	582
YRTS460	8,9	1,8	280	25,4	9,5	843

Шарикоподшипники упорно-радиальные двухрядные



ZKLDF

① сопрягаемая поверхность/центрирующий диаметр

Таблица размеров · Размеры в мм

Условное обозначение	Масса m ≈кг	Размеры ⁶⁾										Внутреннее кольцо		
		d	D	H	H ₁	D ₁	D ₂	D ₃	J	J ₁	a	Крепежные винты		
												d ₁	d ₂	Количество ⁴⁾
ZKLDF100 ⁵⁾	4,5	100	185	38	25	161	136	158	112	170	5,4	5,6	10	16
ZKLDF120	6	120	210	40	26	185	159	181	135	195	6,2	7	11	22
ZKLDF150	7,5	150	240	40	26	214	188	211	165	225	6,2	7	11	34
ZKLDF200	11	200	300	45	30	274	243	271	215	285	6,2	7	11	46
ZKLDF260	22	260	385	55	36,5	345	313	348	280	365	8,2	9,3	15	34
ZKLDF325 ⁵⁾	28	325	450	60	40	415	380	413	342	430	8,2	9,3	15	34
ZKLDF395	39	395	525	5	42,5	486	450	488	415	505	8,2	9,3	15	46
ZKLDF460	50	460	600	70	46	560	520	563	482	580	8,2	9,3	15	46

1) Включая стопорные винты или отжимную резьбу.

2) Моменты затяжки винтов по DIN 912, класс прочности 10.9.

3) Значения жесткости приведены с учетом комплекта тел качения, деформации колец подшипника и винтовых соединений фланцев. Пояснения см. на стр. 1133.

4) Внимание!

Данные для крепежных отверстий в сопрягаемой конструкции. Следует учитывать шаг крепежных отверстий в подшипнике.

5) Цековки отверстий под винты в угловом кольце со стороны отверстия подшипника открыты. Внутренний диаметр подшипника в области ③ произвольный.

6) Подшипники с размером d > 460 мм поставляются по заказу.

7) Действительна при сопряженной конструкции, согласованной с размерами подшипника.

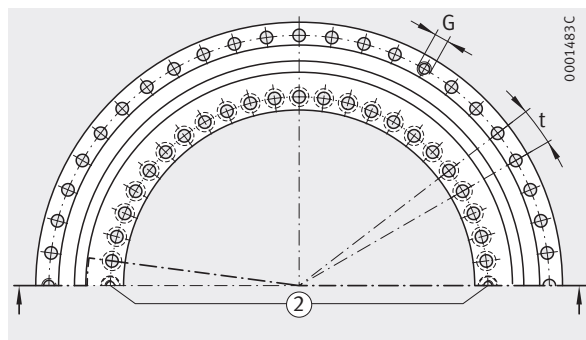
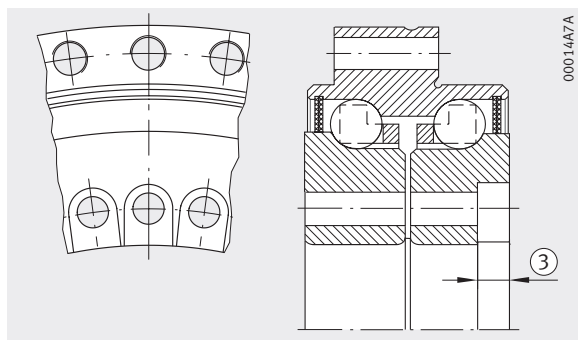


Схема расположения отверстий
② два стопорных винта



Для ZKLDF100, ZKLDF325:
③ цековки отверстий под винты открыты⁵⁾

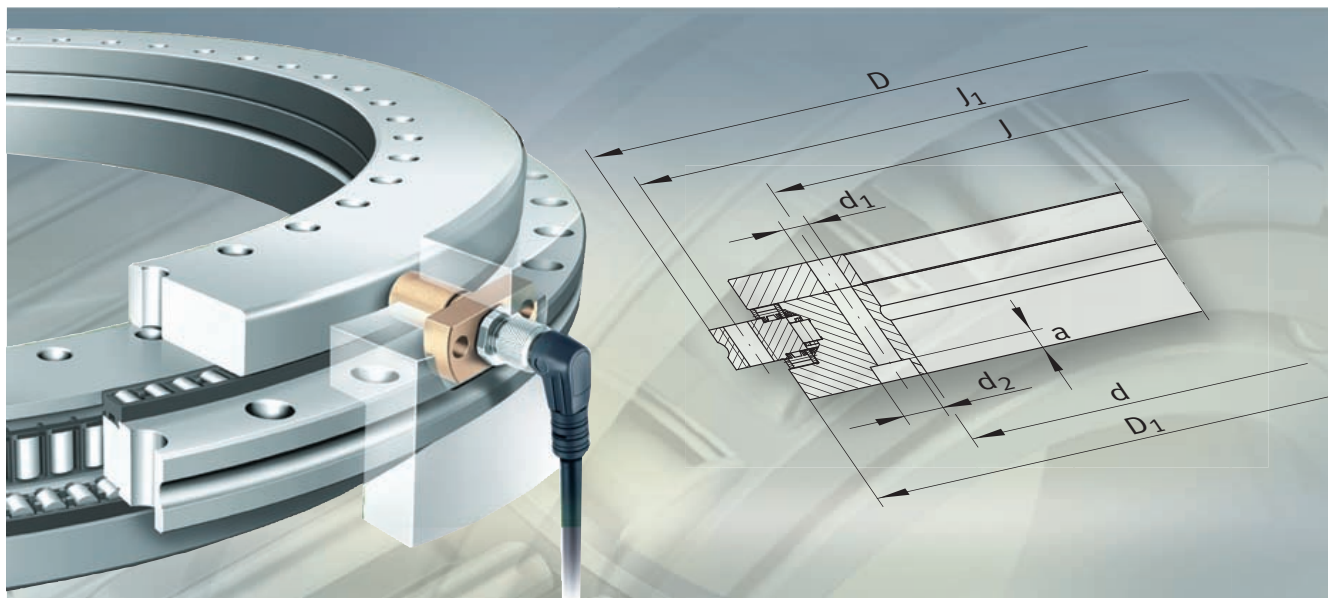
Наружное кольцо				Угловой шаг отверстий $t^1)$	Момент затяжки винтов $M_A^{2)}$	Грузоподъемность		Предельная частота вращения ⁷⁾ n_G	Момент трения подшипника M_{RL}
Крепежные винты		Отжимная резьба				осевая			
d_3	Количество ⁴⁾	G	Количество	Количество $\times t$	Нм	дин. C_a	стат. C_{0a}	мин^{-1}	Нм
5,6	15	M5	3	18X20°	8,5	71 000	265 000	2 800	1,6
7	21	M8	3	24X15°	14	76 000	315 000	2 400	2
7	33	M8	3	36X10°	14	81 000	380 000	2 000	3
7	45	M8	3	48X 7,5°	14	121 000	610 000	1 600	4,5
9,3	33	M12	3	36X10°	34	162 000	920 000	1 200	7,5
9,3	33	M12	3	36X10°	34	172 000	1 110 000	1 000	11
9,3	45	M12	3	48X 7,5°	34	241 000	1 580 000	800	16
9,3	45	M12	3	48X 7,5°	34	255 000	1 860 000	700	21



Условное обозначение	Жесткость					
	подшипниковой опоры ³⁾			набора тел качения		
	осевая C_{aL}	радиальная C_{rL}	по опрокидывающему моменту C_{kL}	осевая C_{aL}	радиальная C_{rL}	по опрокидывающему моменту C_{kL}
	кН/мкм	кН/мкм	кНм/мрад	кН/мкм	кН/мкм	кНм/мрад
ZKLDF100 ⁵⁾	1,2	0,35	3,6	2,2	0,35	5
ZKLDF120	1,5	0,4	5,5	2,5	0,4	8
ZKLDF150	1,7	0,4	7,8	2,9	0,4	12
ZKLDF200	2,5	0,6	17,5	3,7	0,6	26
ZKLDF260	3,2	0,7	40	4,7	0,7	54
ZKLDF325 ⁵⁾	4	0,8	60	5,4	0,8	90
ZKLDF395	4,5	0,9	100	6,3	0,9	148
ZKLDF460 ⁶⁾	5,3	1,1	175	7,1	1,1	223



FAG



Подшипники со встроенной системой измерения угла поворота

Подшипники со встроенной системой измерения угла поворота

	страница
Общий обзор	
Подшипники со встроенной системой измерения угла поворота.....	1146
Основные свойства	
Преимущества системы измерения угла поворота.....	1148
Подшипники со встроенной системой измерения угла поворота.....	1149
Измерительные головки с магниторезистивными датчиками	1150
Блок обработки сигналов.....	1150
Сигнальный кабель	1151
Точность измерения	1152
Дополнительная информация	1153



Общий обзор Подшипники со встроенной системой измерения угла поворота

**Подшипники
комбинированные
роликовые/игольчатые
с магнитной линейкой**

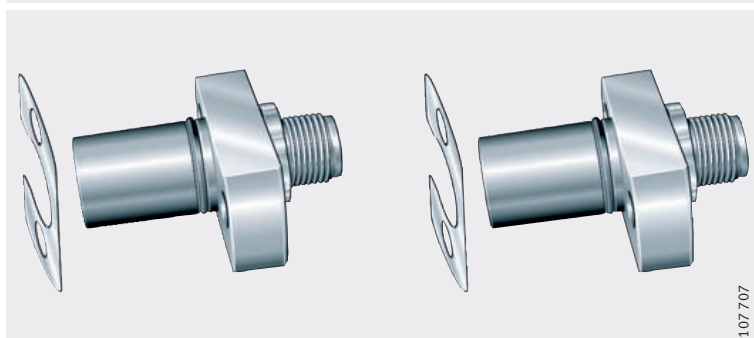
YRTM, YRTSM



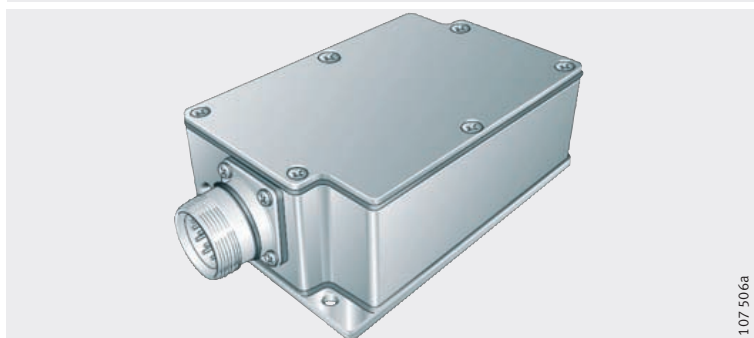
**Электронные компоненты
измерительной системы**

Измерительные головки
с настроечными шайбами

SRM

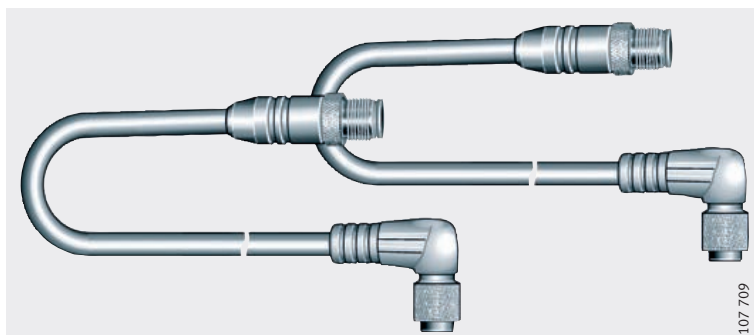


Блок обработки сигналов



**Соединительный кабель
для измерительных головок
и блока обработки сигналов**

SRMC



Подшипники со встроенной системой измерения угла поворота

Основные свойства

Подшипники со встроенной системой измерения угла поворота состоят из:

- комбинированного подшипника YRTM или YRTSM с интегрированной магнитной линейкой, системы измерения угла поворота SRM и сигнальных соединительных кабелей SRMC. Система измерения угла поворота SRM содержит две измерительные головки, два комплекта настроечных шайб и блок обработки сигналов. Сигнальный кабель для соединения измерительных головок и блока сигналов можно также заказать отдельно в различных исполнениях. Поставка измерительной системы МЕКО/У, как и прежде, возможна, однако применять ее для новых конструкций не рекомендуется.

Механическая часть подшипников YRTM или YRTSM соответствует комбинированным подшипникам YRT или YRTS, однако дополнительно они оснащены магнитной линейкой. Бесконтактная магниторезистивная измерительная система определяет угол поворота с точностью до нескольких угловых секунд.

Для механической части комбинированных подшипников YRTM или YRTSM действительны данные, начиная со стр. 1113 до стр. 1133.



Подшипники со встроенной системой измерения угла поворота

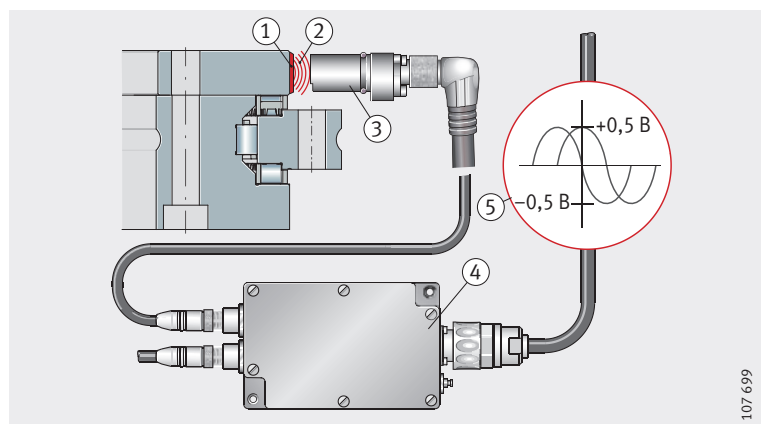
Преимущества системы измерения угла поворота

Измерительная система, *рис. 1*:

- обеспечивает очень хорошие регулировочные характеристики (жесткость и динамический диапазон регулирования) благодаря жесткой связи с сопряженной конструкцией, поэтому наилучшим образом пригодна для осей с прямым приводом;
- обеспечивает высокую частоту вращения при измерении, окружная скорость максимум до 16,5 м/с;
- работает бесконтактно, поэтому не подвержена износу;
- обеспечивает точность измерений, независимо от перекоса и положения в пространстве;
- оснащена самонастраивающейся электронной системой;
- самоцентрируется;
- невосприимчива к смазочным веществам;
- просто монтируется, измерительные головки легко юстируются, подгонка подшипника и отдельной измерительной системы не требуется;
- не требует установки дополнительных деталей
 - магнитная линейка и измерительные головки интегрированы в подшипник и, соответственно, в сопряженную конструкцию;
 - сэкономленное пространство в станке может быть использовано для технологических целей.
- отсутствуют сложности с прокладкой кабелей. В пределах сопряженной конструкции кабели могут быть проложены непосредственно через большое отверстие подшипника;
- за счет компактности и высокой степени интегрированности конструкции достигается уменьшение количества деталей системы, уменьшение стоимости реализации и экономия пространства.

- ① магнитная линейка
- ② линии магнитного поля
- ③ измерительная головка с магниторезистивным датчиком
- ④ блок обработки сигналов
- ⑤ аналоговые сигналы на выходе

Рисунок 1
Принцип измерения



**Подшипники
со встроенной системой
измерения угла поворота
Магнитная линейка**

Магнитная линейка нанесена без шва и без стыков на наружный диаметр плоского тугого кольца подшипника. В намагничиваемом гальваническом слое с интервалом 250 мкм расположены магнитные полюса, служащие угловыми нормальными, *рис. 2*.

Угловое положение измеряется инкрементально, т.е. путем подсчета отдельных приращений. Поэтому для точной привязки углового положения после включения станка требуется дорожка с опорными метками.

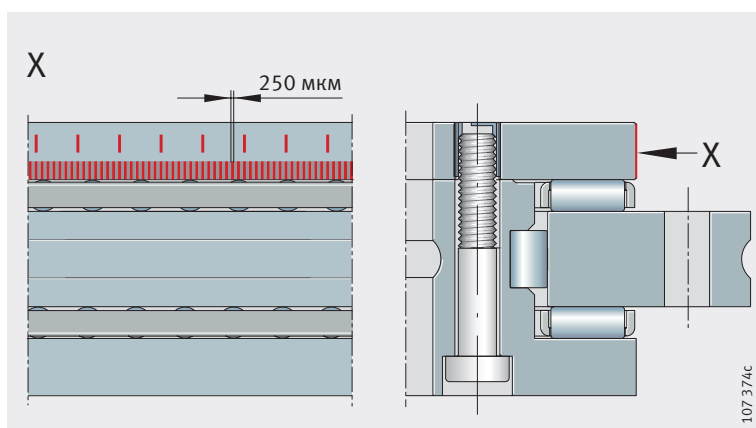


Рисунок 2
Магнитная линейка

Опорные метки

Система оснащена опорными метками с интервальной кодировкой, посредством которых может быть быстро определено абсолютное положение системы. Для этого через каждые 15° с определенными дифференцированными интервалами нанесены опорные метки, таким образом абсолютное положение определено уже после прохождения двух соседних (угол поворота максимум 30°) опорных меток.



Подшипники со встроенной системой измерения угла поворота

Измерительные головки с магниторезистивными датчиками

Измерительные головки имеют цветовую маркировку:

- серебристая измерительная головка (белая) отслеживает сигнал приращений;
- золотистая измерительная головка (желтая) отслеживает сигнал приращений и опорных меток.

Обе измерительные головки оптимизированы по размеру. Они фиксируются в выемке сопрягаемой конструкции двумя крепежными винтами.

Магниторезистивный эффект

Благодаря магниторезистивному эффекту обнаруживаются слабые магнитные поля. В отличие от магнитных головок, магниторезистивные датчики измеряют магнитные поля статически, т.е. электрические сигналы, в отличие от магнитных головок, вырабатываются при отсутствии движения.

Резистивный слой магниторезистивных датчиков устроен таким образом, что сопротивление изменяется, когда магнитное поле расположено перпендикулярно направлению электрического тока.

При прохождении магнитных меток через магниторезистивный датчик вырабатываются два смещенных по фазе на 90° синусоидальных сигнала с периодом 500 мкм.

Уплотнительные кольца для герметизации

Для защиты от попадания масла и таких жидкостей, как смазочно-охлаждающие эмульсии, измерительные головки снабжены уплотнительными кольцами круглого сечения.

Блок обработки сигналов

Блок обработки сигналов работает на базе цифрового процессора обработки сигналов (DSP).

Аналого-цифровой преобразователь преобразует входные сигналы в цифровую форму. Высокопроизводительный цифровой процессор обработки сигналов (DSP) автоматически сравнивает сигналы датчиков и векторным сложением сигналов рассчитывает действительное значение угла поворота. Кроме прочих параметров корректируется смещение аналоговых сигналов. Цифро-аналоговый преобразователь вырабатывает синтетические аналоговые сигналы в виде напряжения $1 V_{SS}$.

Блок обработки сигналов может устанавливаться свободно или размещаться в сопрягаемой конструкции. Он соединяется с блоком машинного управления стандартным 12-штырьковым удлинительным кабелем.

Длина сигнальной линии от блока обработки сигналов до блока обратной связи может составлять до 100 м.

- Сигнальный кабель** Сигнальный кабель для соединения измерительных головок с блоком обработки сигналов поставляется с длинами 1 м, 2 м и 3 м, см. табл.
- Со стороны блока обработки сигналов кабель оснащен прямым штекерным разъемом. Со стороны головки устанавливается прямой или угловой штекерный разъем 90°.
- Направление отвода кабеля в угловом штекерном разьеме определено относительно монтажного положения измерительных головок.
- Преимущества** Кабели пригодны для использования в металлорежущих станках и оборудовании:
- кабель и разъемы экранированы;
 - оболочка кабеля выполнена из полиуретана (PUR), не содержит галогенов и невоспламеняющаяся;
 - сигнальные кабели не содержат галогенов, силикона и ПВХ, а также устойчивы к воздействию микроорганизмов и гидролизу;
 - кабели стойки к маслам, консистентным смазкам и смазочно-охлаждающим жидкостям, см. TPI 154 «Встроенная система измерения угла поворота»;
 - кабели пригодны для динамической эксплуатации в буксируемых кабельных цепях (необходимо обеспечить правильную прокладку).
- Число циклов изгиба** Число циклов изгиба ≥ 2 миллионов, в случае прокладки в буксируемых кабельных цепях данные действительны для следующих условий испытания:
- радиус изгиба 65 мм (10×D);
 - ускорение 5 м/с²;
 - скорость перемещения 200 м/мин;
 - длина участка горизонтального перемещения 5 м.
- Штекерные разъемы** Штекерные разъемы INA обладают высокой надежностью и сконструированы для промышленного применения. При подключении они обеспечивают степень защиты IP 65 (EN 60 529).
- С большой площадью соединения экранирующей оплетки в разъемах обеспечивается надежное экранирование.



Соединительный кабель

Исполнение штекерного разъема	Длина кабеля м	Обозначение для заказа
С прямыми штекерными разъемами с обеих сторон	1	SRMC 1-S
	2	SRMC 2-S
	3	SRMC 3-S
С прямым штекерным разъемом и разъемом с углом 90°	1	SRMC 1-A
	2	SRMC 2-A
	3	SRMC 3-A

Подшипники со встроенной системой измерения угла поворота

Точность измерения

Чем точнее измеряется угол поворота, тем точнее может быть позиционирован поворотный стол. Точность измерения угла поворота главным образом определяется:

- ① качеством нанесения меток магнитной линейки;
- ② качеством считывания меток;
- ③ качеством обработки сигналов;
- ④ эксцентриситетом магнитной линейки и дорожек качения подшипника;
- ⑤ радиальным биением подшипникового узла;
- ⑥ упругостью вала измерительной системы и его механической связи с измеряемым валом;
- ⑦ упругостью вала статора или соединительной муфты вала.

Для системы измерения угла поворота подшипников YRTM имеют значение только пункты с ① по ③.

Эксцентриситет по пункту ④ полностью устраняется при диаметрально расположении магниторезистивных датчиков.

Факторы, указанные в пунктах с ⑤ по ⑦, для системы измерения угла поворота INA играют весьма второстепенную роль.

Ошибки позиционирования

Ошибки позиционирования в течение одного поворота представляют собой абсолютные ошибки измерения при одном обороте системы (измеренные при температуре окружающей среды +20 °C):

- YRTM150 $\cong \pm 6''$;
- YRTM180 $\cong \pm 5''$;
- YRT(S)M200, YRT(S)M260, YRT(S)M325, YRT(S)M395, YRT(S)M460 $\cong \pm 3''$.

Поскольку метки магнитной линейки нанесены непосредственно на подшипник качения, т.е. без компенсационных элементов, упругие деформации, возникающие в системе дорожек качения под воздействием сил обработки, могут оказывать влияние на результат измерения. Благодаря диаметральному расположению измерительных головок, этот эффект устраняется блоком обработки сигналов.

Протокол точности измерения

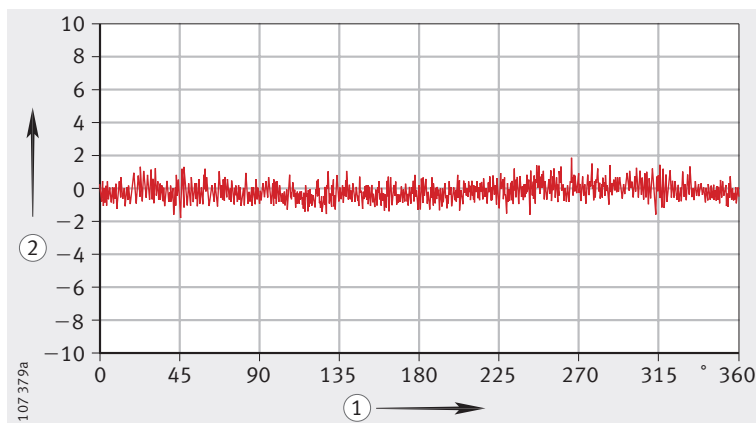
К каждой системе измерения угла поворота INA прилагается протокол точности измерения, *рис. 3*.

Точность измеряется во время нанесения меток на кодированном плоском тугом кольце подшипника YRTM или YRTSM и протоколируется.

Протокол точности измерения отражает ошибки делительного шага при нанесении меток.

- ① измеряемый участок в градусах
- ② отклонение в угловых секундах

Рисунок 3
Диаграмма из протокола измерения, пример:
YRTM 395 – S.Nr. 03/09/004



Дополнительная информация

Подробная информация о комбинированных подшипниках с встроенной системой измерения угла поворота содержится в ТР1 120 «Прецизионные подшипники для комбинированных нагрузок». Пожалуйста, закажите эту брошюру.



