

# Мехатроника

Подшипники со встроенными датчиками .....	957
Модули управляемого перемещения .....	967
Устройства управления перемещением мачты.....	969
Прочие виды подшипников со встроенными датчиками	971



# Подшипники со встроенными датчиками

<b>Подшипники SKF со встроенными датчиками .....</b>	<b>958</b>
Радиальные шарикоподшипники класса SKF Explorer.....	959
Блоки активного датчика.....	959
<b>Подшипники со встроенными датчиками – основные сведения .....</b>	<b>960</b>
Конструкция .....	960
Размеры .....	961
Допуски подшипника .....	961
Внутренний зазор подшипника.....	961
Допустимые скорости .....	961
Диапазон рабочих температур.....	961
Характеристики электронного интерфейса .....	961
Электромагнитная совместимость .....	962
<b>Выбор размера подшипников со встроенным датчиком.....</b>	<b>962</b>
<b>Применение подшипников со встроенным датчиком .....</b>	<b>962</b>
Радиальная фиксация .....	962
Осевая фиксация .....	962
<b>Монтаж.....</b>	<b>963</b>
<b>Смазывание и техобслуживание .....</b>	<b>963</b>
<b>Таблица изделий.....</b>	<b>964</b>

## Подшипники со встроенными датчиками

Точная информация о перемещении вращающихся или движущихся поступательно деталей имеет решающее значение для многих отраслей машиностроения. Точность управления движением приобретает все большее значение по мере того, как возрастает необходимость автоматизации различного рода процессов. Кроме того, потребность в более легких и простых конструкциях диктует необходимость интегрального подхода к решению этой проблемы (→ рис. 1), например, путем создания подшипников со встроенным датчиком, которые позволяют регистрировать:

1. количество оборотов в минуту.
2. скорость.
3. направление вращения.
4. относительное положение.
5. ускорение или замедление.

## Подшипники SKF со встроенными датчиками

Подшипники со встроенными датчиками (→ рис. 2) представляют собой мехатронные детали машин, которые объединяют области сенсорной и подшипниковой техники. В сущности они являются идеальным сочетанием универсального шарикоподшипника и датчика, защищенных от внешнего воздействия. Корпус датчика, импульсное кольцо и подшипник механически соединены друг с другом, образуя единый и готовый к монтажу узел.

Компания SKF разработала и запатентовала подшипники со встроенными датчиками, которые отличаются простотой и надежностью конструкции, и состоят из:

- радиального шарикоподшипника класса SKF Explorer и
- блока активного датчика SKF.

Подшипники со встроенным датчиком специально предназначены для работы в качестве дискретных шифраторов для задач управления работой электродвигателей и/или машин и механизмов. Они специально адаптированы для работы в асинхронных электродвигателях и обеспечивают компактное и надежное кодирование для самых требовательных систем управления. Эти подшипники предназначены для эксплуатации с вращающимся внутренним

Рис. 1



Количество оборотов в минуту



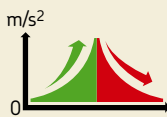
Линейная скорость



Направление вращения



Относительное положение



Ускорение или замедление

кольцом и неподвижным наружным кольцом. По заказу могут изготавливаться подшипники со встроенным датчиком для работы с неподвижным внутренним кольцом и вращающимся наружным кольцом, например, для работы

Рис. 2



в конвейерных системах. По данному вопросу просим обращаться в техническую службу SKF.

## Радиальные шарикоподшипники класса SKF Explorer

Однорядные радиальные шарикоподшипники SKF Explorer пригодны для высоких частот вращения и отличаются высокой надежностью. Они способны воспринимать не только значительные радиальные, но и осевые нагрузки и обеспечивают двухстороннюю осевую фиксацию положения вала. Кроме того, они отличаются высокой точностью, имеют низкий уровень шума и малое трение. Благодаря надежным уплотнениям и заполнению пластичной смазкой, эти подшипники не требуют техобслуживания в течение всего срока службы.

## Блоки активных датчиков

Подшипник со встроенным датчиком включает активный датчик компактной и прочной конструкции, который по своим функциональным возможностям приближается к функциям инкрементного шифратора. Он обеспечивает точное измерение скорости вращения практически до нулевой скорости. Его главными деталями

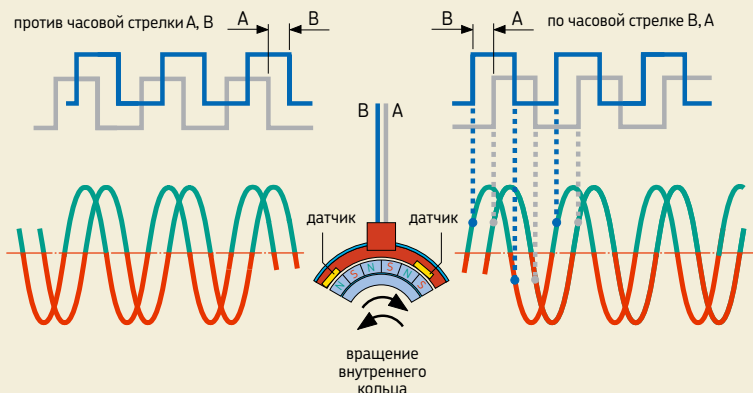
являются импульсное кольцо, корпус датчика и соединительный кабель.

Композитное магнитное импульсное кольцо крепится к внутреннему кольцу подшипника. В зависимости от размера подшипника оно разделено на определенное количество северных и южных полюсов. Количество импульсов за один оборот, как правило, находится в пределах от 32 до 80.

Корпус датчика крепится к наружному кольцу подшипника способом, запатентованным SKF. Корпус датчика имеет два чувствительных элемента, способных определять направление вращения. Два датчика, установленных в корпусе, смещены относительно друг друга. Их миниатюрные интегральные платы вмещают не только датчики Холла, используемые в качестве активного элемента, но и электронные блоки усиления и преобразования сигнала. Аналоговый синусоидальный сигнал, поступающий от датчика Холла, усиливается и преобразуется в прямоугольные импульсы триггером Шмитта (→ рис. 3). Направление вращения определяется по фазе сигнала.

Кроме того, эти два датчика передают двойное количество импульсов, например 128 импульсов за один оборот по сравнению с 64 импульсами для стандартного подшипника. Максимальная точность измерения соответ-

Рис. 3



## Подшипники со встроенными датчиками

стует передним и задним фронтам импульсов, что составляет 256 импульсов за оборот и соответствует разрешению 1,4 градуса.

Датчик требует внешнего источника питания. Выходной сигнал подается через цепь с открытым коллектором. Возможна регистрация частоты вращения до нулевого значения.

## Подшипники со встроенными датчиками – основные сведения

### Конструкция

Подшипники со встроенными датчиками (→ рис. 4) состоят из:

- радиального шарикоподшипника с контактным уплотнением типа RS1 и канавкой под стопорное кольцо (a)
- магнитного импульсного кольца (b)
- корпуса датчика (c)
- соединительного кабеля (d).

Импульсное кольцо и корпус датчика, устанавливаемые на одной из сторон подшипника, образуют эффективное лабиринтное уплотнение.

Импульсное кольцо изготавливается из композитного ферромагнитного материала. Количество северных и южных полюсов (32–80) зависит от размера подшипника. Импульсное кольцо прикреплено к внутреннему кольцу подшипника.

Корпус датчика, служащий для защиты двух датчиков Холла, прикрепляется к наружному кольцу запатентованным SKF способом. Многожильный кабель, проложенный в радиальном направлении, соединяет подшипник со встроенным датчиком с электронным блоком процессора сигналов и в стандартном исполнении имеет длину 500 мм. Учитывая многообразие вариантов подключения подшипника со встроенным датчиком к электронному блоку заказчика (→ рис. 5), SKF предлагает выбор из трех вариантов:

- Вариант 1: кабель со свободным концом.
- Вариант 2: Соединительный разъем AMP Superseal, AMP No 282106-1 и 282404-1.
- Вариант 3: Соединительный разъем AMP Mate-N-Lock, AMP No 350779-1, 350811-1 и 350924-1.

Рис. 4

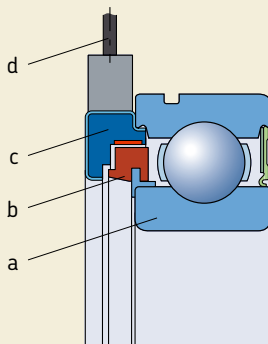
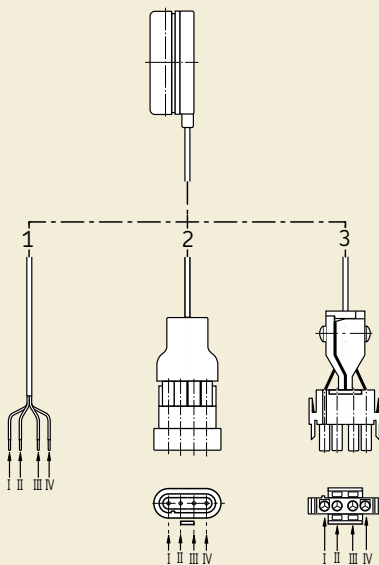


Рис. 5



## Размеры

Подшипники со встроенным датчиком базируются на радиальных шарикоподшипниках класса SKF Explorer серии 62, которые соответствуют стандарту ISO 15: 1998 в отношении диаметров, однако немного шире стандартных из-за встроенного датчика.

## Допуски подшипника

Допуски стандартных подшипников со встроенным датчиком соответствуют классу точности P5 ( $d \leq 25$  мм) или P6 ( $d \geq 30$  мм) согласно стандарту ISO 492:2002 и приведены в табл. 7 и 8 на стр. 129 и 130.

## Внутренний зазор подшипника

Подшипники со встроенным датчиком имеют радиальный внутренний зазор C3, согласно стандарту ISO 5753:1991. Величины зазоров приведены в таблице изделий и действительны для подшипников в домонтажном состоянии при околонулевой измерительной нагрузке.

## Допустимые скорости

Предельные частоты вращения подшипников со встроенным датчиком такие же, как у соответствующих подшипников с уплотнениями. Если предполагается, что подшипник со встроенным датчиком будет работать со скоростями, превышающими величины, указанные в таблице изделий, просим обратиться в техническую службу SKF.

## Диапазон рабочих температур

Как доказали многочисленные длительные испытания, подшипники со встроенным датчиком могут использоваться в диапазоне температур от  $-40$  до  $+120$  °С. По вопросам их эксплуатации в условиях температур, которые постоянно превышают  $+120$  °С (до  $+150$  °С), просим обращаться в техническую службу SKF.

## Характеристики электронного интерфейса

Для работы активного датчика требуется стабилизированное напряжение питания 5–24 В. Выходной сигнал подается на открытый коллектор ( $\rightarrow$  рис. 6). Нагрузочные резисторы между проводом источника питания и проводами выходных сигналов ограничивают макси-

Рис. 6

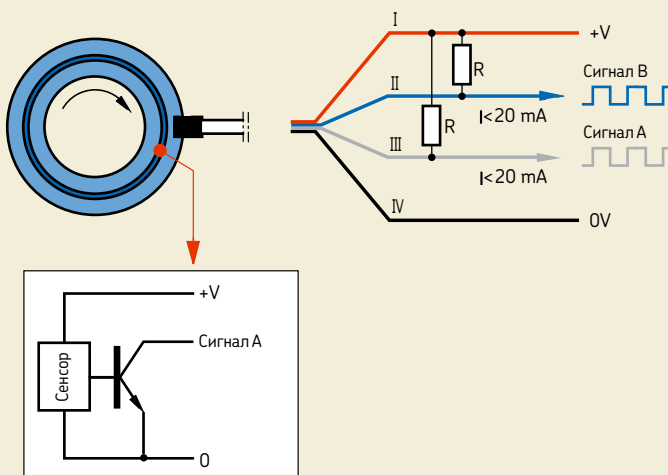


Таблица 1

Электрические параметры		
Напряжение	Рекомендуемое сопротивление нагрузки R	
	$\Omega$	W
5	270	0,25
9	470	0,25
12	680	0,25
24	1 500	0,5

Таблица 2

Характеристики выходного сигнала	
Наименование	Технические данные
Тип сигнала	цифровой прямоугольный
Количество сигналов	2
Сдвиг фазы	90 градусов
Рабочий цикл	50 % периода

мальный выходной ток 20 мА (→ табл. 1, стр. 962). Характеристики выходного сигнала приведены в табл. 2, стр. 962.

### Электромагнитная совместимость

Подшипники с встроенным датчиком могут использоваться в системах, работающих в самых тяжелых условиях электромагнитного излучения, которые регламентированы Европейским стандартом EN 50082-2.

## Выбор размера подшипника со встроенным датчиком

Выбор требуемого размера подшипника со встроенным датчиком осуществляется с учетом тех же факторов и с использованием тех же методов, что и выбор размера стандартных радиальных шарикоподшипников (→ раздел «Выбор размера подшипника» на стр. 49).

## Использование подшипников со встроенным датчиком

Для опоры вала обычно требуется два подшипника: фиксирующий и нефиксирующий. Поскольку подшипник со встроенным датчиком главным образом используется в качестве фиксирующего подшипника, на противоположном конце вала может быть установлен нефиксирующий подшипник. Если осевые нагрузки действуют на подшипник с встроенным датчиком в обоих направлениях, он должен быть установлен таким образом, чтобы большие осевые нагрузки действовали на боковую плоскость наружного кольца не со стороны датчика, а с противоположной стороны.

### Радиальная фиксация

В соответствии с общими рекомендациями внутреннее кольцо должно иметь посадку с натягом на валу, а наружное кольцо – свободную посадку в отверстии корпуса. Соединительный кабель блока датчика, имеющий радиальное направление от подшипника, определяет положение наружного кольца относительно корпуса. В корпусе или крышке корпуса должен быть предусмотрен кабельный канал достаточных размеров (→ рис. 7). Отрезок кабеля, выходящий из корпуса датчика, рекомендуется уложить в предусмотренную в корпусе радиальную канавку шириной по окружности 9–15 мм для защиты кабеля от поворота наружного кольца подшипника относительно корпуса.

### Осевая фиксация

Осевая фиксация посадки внутреннего кольца обычно осуществляется с двух сторон, например, заплечиком вала, дистанционной втулкой или стопорным кольцом. Осевая фиксация наружного кольца зависит от размера подшипника.

Осевая фиксация подшипников с диаметром отверстия до 25 мм включительно производится заплечиком корпуса, расположенным на противоположной от датчика стороне:

- Если подшипник подвергается только легким нагрузкам или вообще не нагружен в обратном направлении, для его осевой фиксации на стороне датчика достаточно установить стопорное кольцо (→ рис. 7).
- При более высоких осевых нагрузках SKF рекомендует фиксировать подшипник при помощи торцевой крышки, которая упирается в стопорное кольцо, установленное в канавке наружного кольца.

Подшипники большего размера должны упираться в заплечик корпуса той стороной, которая противоположна стороне датчика. Боковая плоскость наружного кольца со стороны датчика может фиксироваться в осевом направлении

- тонкостенной дистанционной втулкой с пазами, которая упирается в подшипник с одной стороны и стопорное кольцо с другой стороны (→рис. 8) или
- торцевой крышкой, устанавливаемой на корпусе при помощи болтов.

За подробной информацией просим обратиться к брошюре «Подшипники SKF со встроенными датчиками» или в техническую службу SKF.

## Монтаж

Монтаж подшипников со встроенным датчиком должен производиться с особой осторожностью, чтобы не повредить блок датчика и соединительный кабель. По требованию заказчика SKF может оказывать содействие в оптимизации процесса монтажа и подключения; для этого просим обращаться в техническую службу SKF.

## Смазывание и техническое обслуживание

Подшипники со встроенным датчиком поставляются с уплотнениями и готовы к эксплуатации. Они заполнены на весь срок службы пластичной смазкой на основе полимочевины для диапазона температур блока датчика от  $-40$  до  $+120$  °C. Объем заполнения смазкой варьируется в зависимости от размера подшипника, подшипники со встроенным датчиком не требуют технического обслуживания.

Рис. 7

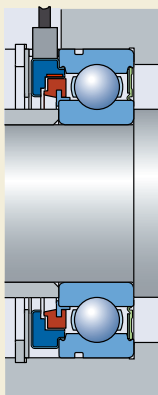
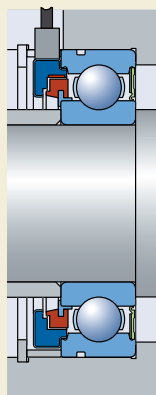


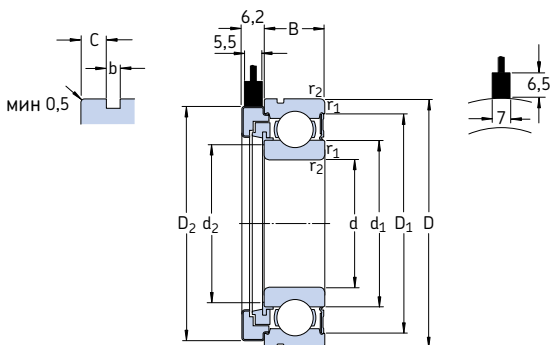
Рис. 8



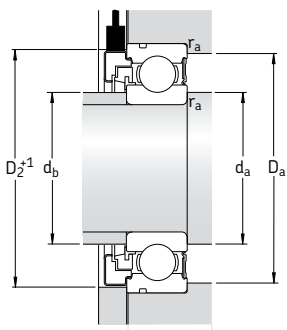


## Подшипники со встроенными датчиками

d 15 – 45 мм



Подшипник Основные размеры d D B	Грузоподъ- емность дин. стат. C C <sub>0</sub>	Граничная нагрузка по усталости P <sub>u</sub>	Предель- ная частота вращения	Активный датчик			Масса	Обозначение Комплект с кабелем 500 мм, но без разъема Вариант 1
				Число полу- сов	Период отсчета	Фаза сдвига		
мм	кН	кН	об/мин	–	%	град.	кг	–
15 35 11	8,06 3,75	0,16	13 000	32	± 3	90 ± 30	0,060	<b>BMB-6202/032S2/EA002A</b>
20 47 14	13,5 6,55	0,28	10 000	48	± 3	90 ± 30	0,15	<b>BMB-6204/048S2/EA002A</b>
25 52 15	14,8 7,8	0,34	8 500	48	± 3	90 ± 30	0,18	<b>BMB-6205/048S2/EA002A</b>
30 62 16	20,3 11,2	0,48	7 500	64	± 4	90 ± 45	0,22	<b>BMB-6206/064S2/EA002A</b>
40 80 18	32,5 19	0,8	5 600	80	± 5	90 ± 45	0,40	<b>BMB-6208/080S2/EB002A</b>
45 85 19	35,1 21,6	0,92	5 000	80	± 5	90 ± 45	0,44	<b>BMB-6209/080S2/EB002A</b>



Диаметр отверстия торцевой крышки  $\geq D_2 + 1$  мм

Размеры								Размеры сопряженных деталей					Радиальный внутренний зазор	
d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	b	c	r <sub>1,2</sub> мин.	d <sub>a</sub> мин.	d <sub>b</sub> мин.	d <sub>b</sub> макс.	D <sub>a</sub> макс.	r <sub>a</sub> макс.	мин.	макс.
мм								мм					мкм	
<b>15</b>	21,5	19,5	30,4	34,4	1,35	2,06	0,6	19	19	19,4	31	0,6	11	25
<b>20</b>	28,5	26,4	40,6	46,4	1,35	2,06	1	25	25	26,3	42	1	13	28
<b>25</b>	34	31,8	46,3	51,4	1,35	2,46	1	30	30	31,5	47	1	13	28
<b>30</b>	40,3	37,8	54,1	58	1,9	3,28	1	35	35	37,5	57	1	13	28
<b>40</b>	52,6	48	69,8	75	1,9	3,28	1,1	46,5	46,5	47,5	73,5	1	15	33
<b>45</b>	57,6	53	75,2	78,8	1,9	3,28	1,1	51,5	51,5	52,5	78,5	1	18	36

# Модули управляемого перемещения

Модули управляемого перемещения представляют собой мехатронные устройства, которые сочетают «умные» сенсорные технологии и большие функциональные возможности. Эти устройства формируют электронный сигнал, несущий следующую информацию о:

1. скорости и ускорении вращения.
2. направлении поворота.
3. относительном положении рулевого колеса.

Модульное устройство состоит из

- радиального шарикоподшипника SKF Explorer
- активного датчика
- вала рулевого колеса,

которые компактно вмонтированы в прочный стальной корпус. Внешние поверхности оцинкованы для защиты от коррозии при эксплуатации в неблагоприятных условиях. Модульные устройства работоспособны в диапазоне температур от  $-40$  до  $+70$  °С. Они смазаны и уплотнены на весь срок службы и не требуют технического обслуживания.

## Конструкция активного датчика

Модульное устройство управления включает компактный активный датчик, выполняющий функции инкрементного шифратора. Его главными деталями являются магнитное импульсное кольцо и четыре вмонтированных в корпус датчика с кабелями.

Композитное магнитное импульсное кольцо, разделенное на определенное количество магнитных полюсов, примыкает к вращающемуся внутреннему кольцу подшипника. Корпус датчика прикреплен к наружному кольцу подшипника и снабжен четырьмя датчиками Холла и соединительным кабелем. Аналоговый сигнал, поступающий от датчиков Холла, усиливается и преобразуется в прямоугольный сигнал тригге-

ром Шмитта. Направление вращения определяется по фазе сигнала.

На выходе цифровые сигналы, количество которых равно количеству пар полюсов на импульсном кольце, передаются в электронный блок управления процессором, который выдает информацию о:

- углом положении вала
- направлении вращения
- скорости и ускорении вращающегося вала.

Электронный выход модульного устройства имеет резервные компоненты, состоящие из одинаковых комплектов датчиков, которые работают независимо друг от друга. В случае выхода из строя одного комплекта датчиков его функции берет на себя другой комплект.

Для работы активного датчика требуется внешний источник питания. Выходной сигнал подается по цепи с открытым коллектором.

## Конструкция, отвечающая самым высоким требованиям

Мехатронные модули позволяют снизить затраты на комплекс оборудования, давая возможность с большей гибкостью размещать системы управления в кабине оператора, что повышает комфортность его работы и, в конечном счете, производительность труда.

Модульные поворотные устройства обеспечивают повышение эффективности затрат производителей таких транспортных средств, как автопогрузчики, сельхозмашины, горнодобывающее оборудование, строительное и лесохозяйственное оборудование, суда или электрокары.

Подробную информацию о модульных устройствах управления можно получить, обратившись в техническую службу SKF.

# Устройства управления перемещением мачты погрузчика

Устройства управления перемещением мачты погрузчика (Mast Height Control – МНС) представляют собой мехатронные изделия, которые работают по принципу «plug and play» и сочетают «умные» сенсорные технологии и большие функциональные возможности. Блок МНС выдает электронный сигнал, несущий следующую информацию:

1. относительное положение мачты.
2. направление движения мачты.
3. скорость и ускорение мачты.

Блок МНС включает радиальный шарикоподшипник SKF Explorer с активными датчиками, смонтированными в шкив или опорный ролик. Эти блоки подключаются непосредственно к контроллеру транспортного средства и выдают полезную информацию оператору.

В настоящее время блоки МНС выпускаются в двух исполнениях:

- Опорный ролик с пружинным нагружением, в котором сила пружины используется для прижима подшипника со встроенным датчиком к подвижной части мачты. Механический интерфейс блока опорного ролика, который может изготавливаться по техническим условиям заказчика, приводится в движение непосредственно сопряженной поверхностью.
- Узел шкива с ременным или тросовым приводом, смонтированный в конструкцию системы позиционирования мачты.

## Конструкция активного датчика

Опорный ролик включает компактный, прочный активный датчик, выполняющий роль инкрементного шифратора. Его главными деталями являются магнитное импульсное кольцо и четы-

ре смонтированных в корпус датчика с соединительными кабелями.

На выходе цифровые сигналы, количество которых равно количеству пар полюсов магнитного кольца, передаются в электронный блок управления, который выдает информацию о длине перемещения блока, скорости и ускорении сопряженной поверхности, например, мачты автопогрузчика. Это позволяет осуществлять точное управление высотой подъема мачты, что особенно важно при проведении работ, требующих быстрой и точной манипуляции грузом, или при необходимости предварительного программирования рабочих циклов. Сигналы на выходе, поступающие из блока МНС, могут также использоваться в системах отображения данных или в системах аварийной защиты.

## Конструкция, отвечающая самым высоким требованиям

Идея создания устройства, контролирующего высоту подъема мачты, направлена главным образом на повышение эффективности работы оператора. Область применения этих устройств отнюдь не ограничена автопогрузчиками. Они могут быть адаптированы для работы в сельскохозяйственном, лесотехническом, строительном оборудовании и других областях применения.

Дополнительные варианты конструкции блока МНС могут быть разработаны согласно техническим условиям заказчика. За более подробной информацией просим обращаться в техническую службу SKF.

# Прочие виды подшипников со встроенными датчиками

Номенклатура изделий со встроенными датчиками не ограничивается радиальными шарикоподшипниками и узлами, описанными на предыдущих страницах. В ходе разработки данная идея была реализована и в других типах подшипников.

Подробную информацию об этих изделиях можно найти в технических публикациях SKF, которые предоставляются по запросу.

## Подшипники со встроенным датчиком для автомобилей

Новые идеи в области машиностроения нередко рождаются в процессе конструирования автомобилей. В целях экономии веса и повышения безопасности все больше автомобилей снабжается датчиками скорости. Однако создание оптимального датчика скорости возможно лишь с учетом конструктивных особенностей каждой конкретной модели автомобиля. В зависимости от предъявляемых требований, датчик может быть интегрированным или отдельным, но в любом случае он должен быть надежен, легок в монтаже и не влиять на массу автомобиля. Датчик может быть:

- пассивного типа, способный выдавать сигналы при малой скорости, что достаточно для срабатывания системы ABS, или
- активного типа, который может выдавать сигналы при скорости до нуля, что необходимо для таких систем, как система регулирования тягового усилия или система навигации.

SKF может предоставить целый ряд готовых решений с датчиками для ступичных подшипников легковых и грузовых автомобилей.

## Подшипники со встроенным датчиком для железнодорожного транспорта

Железнодорожные транспортные средства работают в особенно тяжелых условиях. Их подшипники должны не только выдерживать вибрацию, тяжелые и ударные нагрузки и экстре-

мальные температуры, но и обеспечивать высокую эксплуатационную надежность на больших расстояниях и с большими интервалами технического обслуживания. То же относится к интегральным датчикам, которые участвуют в управлении тормозными системами, обеспечивают оптимальное сцепление ведущих колес при трогании с места и отслеживают направление вращения.

Железнодорожные буксовые подшипники SKF со встроенными датчиками отвечают всем этим требованиям. Они компактны, готовы к монтажу, просты в установке и в основе имеют цилиндрические или конические роликовые подшипники.

Помимо подшипников со встроенным датчиком скорости, также имеются подшипники с датчиками температуры, которые постоянно контролируют температуру подшипника и сигнализируют о перегреве бусы или повреждении подшипника в процессе эксплуатации.

## Подшипники со встроенным датчиком для тяговых двигателей

Подшипники со встроенными датчиками скорости и температуры для железнодорожных приводных систем или подшипники для железнодорожных тяговых двигателей (ТМБУ) – это еще один вид изделий, на которых специализируется фирма SKF. Существует два базовых варианта:

- для неприводной стороны: радиальный шарикоподшипник с фланцевым наружным или внутренним кольцом
- для приводной стороны: подшипник с цилиндрическими роликами/шарикоподшипник с четырехточечным контактом.

Конструкция подшипника со встроенным датчиком для тяговых двигателей сочетает в себе все важные функции, требуемые для работы подшипника в составе подшипникового узла, в том числе и электроизоляцию, если она необходима.