

Высокопроизводительные карданные валы Продукция | Технические разработки | Сервис



Карданные валы и торцевые зубчатые зацепления

В рамках концерна Voith мы специализируемся на карданных элементах привода и муфтах с торцовыми зубьями. Компания Voith определяет стандарты на следующих рынках: энергетика, нефтегазовый сектор, бумажная промышленность, сырьевой сектор, а также транспортные средства и автомобилестроение. Компания Voith основана в 1867 году, численность ее сотрудников превышает 19 000 человек, оборот составляет 4,3 млрд евро, компания осуществляет свою деятельность более чем в 50 странах и является одним из крупнейших семейных предприятий Европы.

Оглавление

1	Высокопроизводительные карданные валы Voith – в чем их уникальность?	4	8	Рекомендации по выбору	50
			8.1	Определения эксплуатационных параметров	51
			8.2	Выбор типоразмера вала	52
			8.3	Рабочее число оборотов	55
			8.4	Масса	58
			8.5	Соединительные фланцы и резьбовые соединения	60
2	Номенклатура изделий	6	9	Сервисное обслуживание	65
			9.1	Монтаж и ввод в эксплуатацию	66
			9.2	Обучение	67
			9.3	Оригинальные запасные части Voith	68
			9.4	Капитальный и текущий ремонт	69
			9.5	Ремонт, восстановление	70
			9.6	Модернизация, модификация	71
			9.7	Проверка готовности	72
3	Модели	8	10	Услуги и сопутствующие изделия	73
3.1	Средние части	8	10.1	Технические разработки	73
3.2	Фланцы	9	10.2	Изделия, сопрягаемые с карданными валами	74
3.3	Расшифровка типоразмеров обозначений валов	9	10.3	FlexPad	75
			10.4	Быстроразъемное соединение GT	76
4	Примеры использования	10	10.5	Торцевое зубчатое зацепление Хирта (разработка Voith)	77
			10.6	Опоры карданных валов	78
5	Definitions and abbreviations	14	10.7	Карданные валы с деталями из композиционного материала, армированного углеродным волокном (углепластика)	79
5.1	Lengths	14	10.8	Карданные валы с деталями из композиционного материала, армированного углеродным волокном (углепластика)	80
5.2	Torques	15	10.9	Предохранительные муфты SafeSet	82
			10.10	Система контроля крутящего момента ACIDA	83
6	Определения и сокращения	16	11	Интегрированная система управления	84
6.1	Серия S	16	11.1	Качество	85
6.2	Серия R	18	11.2	Экология	86
6.3	Серия SN	24	11.3	Охрана труда и здоровья	87
6.4	Серия E	29			
7	Технические основы	32			
7.1	Основные элементы карданного вала Voith	32			
7.2	Компенсация удлинения в шлицевом соединении средней части вала	34			
7.3	Шлицевое соединение с опорой на подшипниках качения – карданные валы с шарниром равных угловых скоростей типа «Трипод»	36			
7.4	Кинематика карданного шарнира	40			
7.5	Двойной карданный шарнир	43			
7.6	Усилия на опорах приводного и выходного валов	45			
7.7	Балансировка карданных валов	48			



1 Высокопроизводительные карданные валы Voith

В чем их уникальность?

Характеристики

Неразъемное опорное гнездо

Крестовины карданного шарнира изготовлены методом горячей объемной штамповки

Геометрия оптимизирована методом конечных элементов

Применение высокопрочных термически улучшенных и цементируемых сталей

Сварные соединения оптимизированы для восприятия нагрузки

Шлицевое соединение с профилем SAE (прямоугольный) телескопической части больших валов

Запатентованная технология балансировки

Технические разработки и продукция из одних рук

Сертификация и аттестация валов для железнодорожного и водного транспорта, а также для взрывоопасных зон (ATEX и т. д.)

Сделано в Германии

Voith Engineered Reliability

Преимущества

- Тяжелонагруженные сечения без стыков и резьбовых соединений
- Минимальная концентрация напряжений
- Закрытые уплотнительные поверхности

- Максимальная производительность по крутящему моменту

- Оптимальная конструкция для передачи мощности
- Минимальная концентрация напряжений

- Высокая предельно допустимая статическая и динамическая нагрузка

- Оптимальная конструкция для передачи мощности

- Низкие нормальные силы и за счет этого — низкое смещающее усилие
- Низкое контактное напряжение
- Высокая износостойкость

- Динамическая балансировка в двух плоскостях
- Компенсирующая масса в месте дисбаланса

- Один партнер по проектированию линии приводов

- Продукция имеет допуск к эксплуатации

- Гарантия высокого качества, эффективности и точности

- Компетентный и серьезный партнер



- 1 Монтажный цех по сборке карданных валов Voith
- 2 Сварочный робот
- 3 Балансировочная установка
- 4 Отгрузка продукции

Факторы эффективности

- + Повышение производительности
- + Длительный срок службы

- + Легкость хода
- + Длительный срок службы

- + Высокая плавность хода

- + Экономия времени и средств
- + Комплексная ответственность

- + Экономия времени и средств

- + Надежность

- + Инновационная продукция, инновационные системные решения

2 Номенклатура изделий

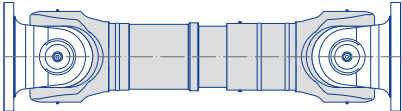
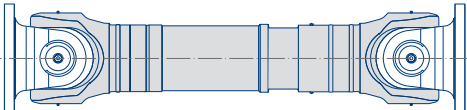
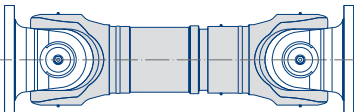
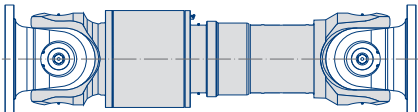
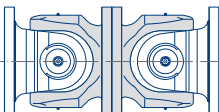
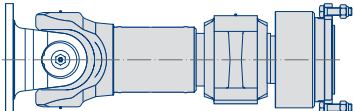
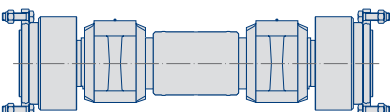
Высокопроизводительные карданные валы Voith обеспечивают оптимальное сочетание производительности по крутящему моменту, крутильной и изгибной жесткости. Мы поставляем стандартные карданные валы, а также модифицированные и специальные исполнения. Технические консультации, моделирование крутильных колебаний и эксплуатационные измерения дополняют ассортимент наших услуг.

Серия	Диапазон крутящего момента M_z [кН·м]	Диаметр фланца a [мм]
S	0,25 — 35	58 — 225
R	32 — 1 000	225 — 550
CH	260 — 19 440	350 — 1 460
E	1 600 — 14 000	590 — 1 220

Характеристики	Применение
- Базовая модель карданного вала Voith - Неразъемные опорные гнезда за счет цельной кованой фланцевой вилки - Шлицевое соединение с эвольвентным профилем	- Бумагоделательные машины - Насосы - Общее машиностроение - Водный транспорт - Рельсовый транспорт - Испытательные стенды - Строительные машины и краны
- Высокая производительность по крутящему моменту - Оптимизированный срок службы подшипников - Фланец с фрикционной конструкцией и с геометрическим замыканием (см. стр. 9) - До размера 315 — шлицевое соединение с эвольвентным профилем, начиная с размера 350 — с профилем SAE (прямобоочным профилем; см. стр. 34); опционально «Трипод» (см. стр. 36) - Оптимизированная крутильная и изгибная жесткость при малом весе - Особенно хорошо подходит для скоростных приводов - В качестве опции: не требующее технического обслуживания шлицевое соединение с эвольвентным профилем с полимерным покрытием (Rilsan®)	- Приводы прокатных станов - Приводы в общем машиностроении - Бумагоделательные машины - Насосы - Водный транспорт - Рельсовый транспорт
- Очень высокая производительность по крутящему моменту - Оптимизированный срок службы подшипников - Неразъемная фланцевая вилка (цельная) - Фланцевая вилка с фланцем с шейкой или без нее (neck/neckless) - Фланец с торцевым зубчатым зацеплением Хирта для передачи наиболее высоких крутящих моментов - Шлицевое соединение с профилем SAE (прямобоочным профилем; см. стр. 34)	- Приводы прокатных станов - Тяжелое машиностроение - Бумагоделательные машины
- Высочайшая производительность по крутящему моменту - Оптимизированные подшипники для соблюдения самых высоких требований - Запатентованная разъемная фланцевая вилка состоит из двух частей - Фланцевая вилка без шейки (neckless) - Фланец с торцевым зубчатым зацеплением Хирта для передачи наиболее высоких крутящих моментов - Шлицевое соединение с профилем SAE (прямобоочным профилем; см. стр. 34)	Тяжелонагруженные приводы прокатных станов

3 Модели

3.1 Средние части

Тип	Описание	
...T	Карданный вал со стандартным шлицевым соединением	
...TL	Карданный вал с удлиненным шлицевым соединением	
...TK	Карданный вал с укороченным шлицевым соединением	
...TR	Карданный вал со шлицевым соединением типа «Трипод»	
...F	Карданный вал без шлицевого соединения (нераздвижной вал)	
...GK	Шарнирное соединение: короткий разъемный карданный вал без шлицевого соединения	
...FZ	Промежуточный вал с шарнирной головкой и подшипником	
...Z	Промежуточный вал с двумя подшипниками	

3.2 Фланцы

Тип и описание

Тип S

Фланец с фрикционной муфтой, передача крутящего момента через фрикционное соединение



Тип К

Фланец с зажимной втулкой для передачи крутящего момента (DIN 15451)



Тип Q

Фланец с торцевой шпонкой для передачи крутящего момента



Тип Н

Фланец с зубчатым зацеплением Хирта для передачи крутящего момента



3.3 Расшифровка типоразмеров обозначений валов

Пример	R	T	250.8	S 285 / Q 250	R	2 560
Серия						
S, R, CH, E						
Исполнение средней части						
T, TL, TK1, TK2, TK3, TK4, TR, F, GK, FZ, Z						
Конструктивный размер						
Модель и размер фланца со стороны привода/со стороны отбора мощности (см. раздел 7.1, стр. 32)						
S ..., K ..., Q ..., H ...						
Конструкция профиля						
S: трение стальных деталей (стандарт)						
R: трение покрытия Rilsan® о сталь						
P: трение покрытия из политетрафторэтилена о сталь						
–: для типов TR, F, GK, FZ, Z						
Длина l , l_z или l_{fix} в мм						

4 Примеры применения



Прокатные станы

- 1 Вертикальная клеть прокатного стана
- 2 Горизонтальная клеть прокатного стана



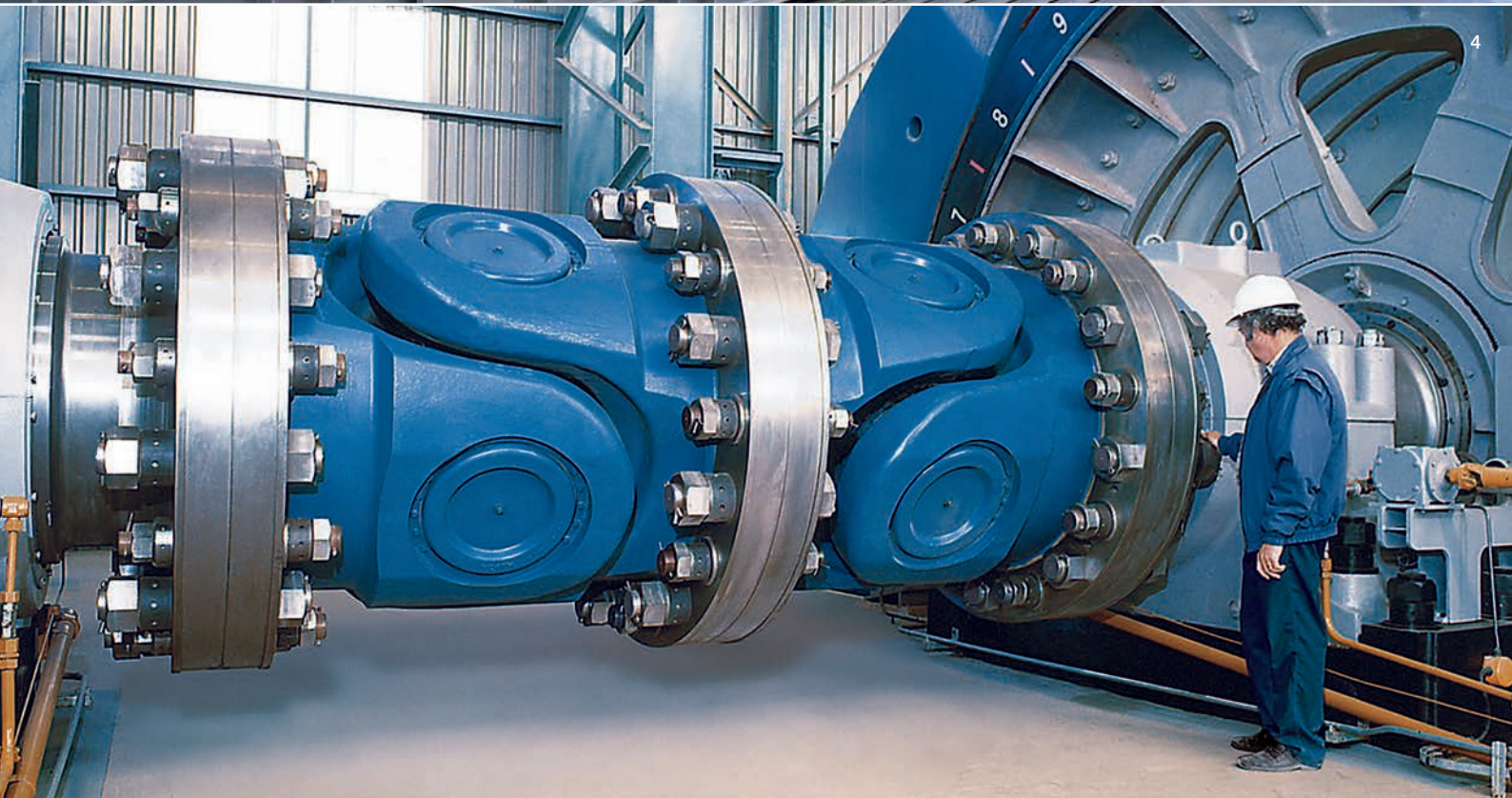
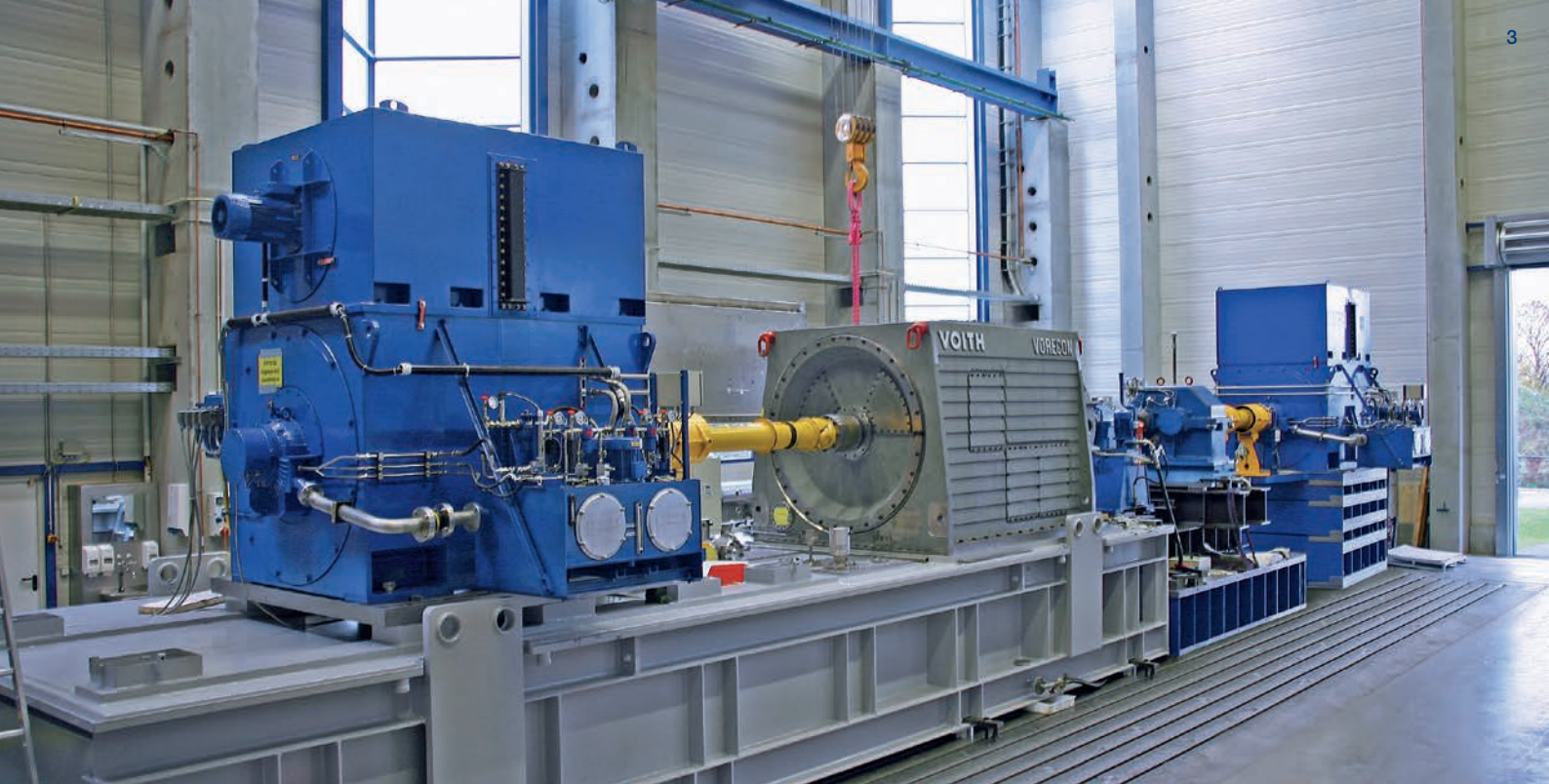
1



2



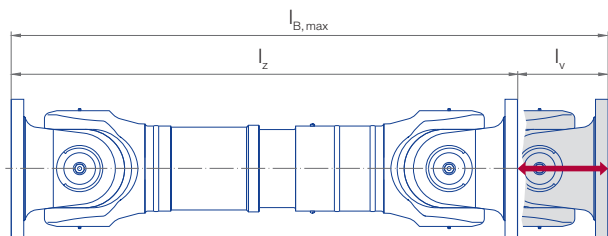
- 1 Приводы железнодорожного транспорта
- 2 Судовые приводы
- 3 Насосы
- 4 Специальные приводы
(шахтные подъемные установки)



5 Определения и сокращения

5.1 Длина

Карданный вал со шлицевым соединением



l_B : рабочая длина
(укажите при заказе)

l_z : наименьшая длина карданного вала
(в сдвинутом положении)

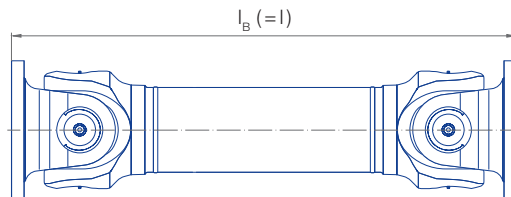
l_v : возможное удлинение

Рабочую длину определяют расстояние между приводным и выходным агрегатами, а также изменение длины в процессе работы.

Оптимальная рабочая длина: $l_{B,opt} \approx l_z + \frac{l_v}{3}$

Максимально допустимая рабочая длина: $l_{B,max} = l_z + l_v$

Карданный вал без шлицевого соединения

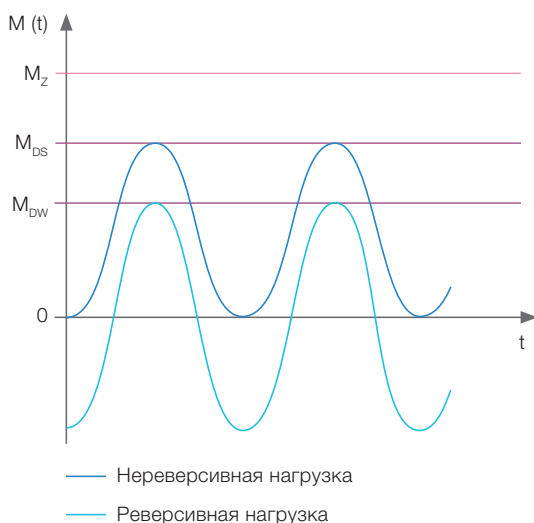


l_B : рабочая длина соответствует
длине карданного вала l
(укажите при заказе)

5.2 Крутящие моменты

Компоненты	Обозначение	Объяснение
Конструктивные элементы	M_{DW}	Крутящий момент, при котором карданный вал имеет высокую усталостную прочность при реверсивных нагрузках.
	M_{DS}	Крутящий момент, при котором карданный вал имеет высокую усталостную прочность при неревверсивных нагрузках. Действует следующая формула: $M_{DS} \approx 1.5 \cdot M_{DW}$
	M_K	Максимально допустимый крутящий момент. При превышении значений этих параметров может произойти пластическая деформация. Значения предоставляются по запросу.
Подшипник	M_Z	Допустимый крутящий момент в случае редких пиковых нагрузок. При передаче крутящего момента, превышающего M_Z , возможна пластическая деформация дорожек качения подшипников. В результате может сократиться срок службы подшипников.
	CR	Коэффициент работоспособности – в сочетании с рабочими параметрами позволяет рассчитать теоретический срок службы подшипников L_n (см. раздел 8.2.1, стр. 52).
Фланцевые соединения		Индивидуальный расчет.

Определения крутящего момента



Указание

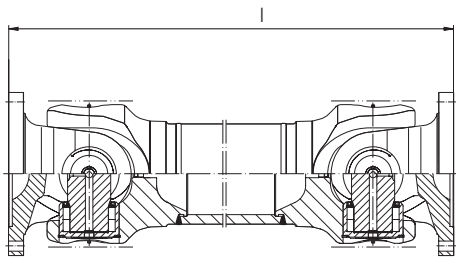
M_{DW} , M_{DS} и M_Z — величины предельной нагрузки на карданный вал. При предельных величинах крутящего момента следует проверить передаточную способность фланцевого соединения, особенно если используется фрикционное соединение.

6 Технические характеристики

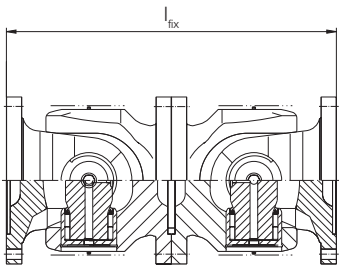
6.1 Серия S

Серия S — это базовая конструкция карданных валов Voith. Она предназначена для малых и средних приводов. Соединительные фланцы выполнены в виде фланцев с фрикционной муфтой.

SF



SGK



Общие данные															ST ¹		
Размер	M _z [кН·м]	M _{DW} [кН·м]	CR [кН·м]	β _{max} [°]	a	k	b ±0.1	c H7	h B12	I _m	r	t	z	g	LA	I _v	I _{z min}
058.1	0.25	0,08	0,09	30	58	52	47	30	5	30	28 x 1,5	1,5	4	3,5	A, B	25	240
065.1	0.52	0,16	0,16	30	65	60	52	35	6	32	32 x 1,5	1,7	4	4	A, B	30	260
075.1	1.2	0,37	0,23	30	75	70	62	42	6	36	40 x 2	2,2	6	5,5	A, B	35	300
090.2	2.2	0,68	0,44	20	90	86	74,5	47	8	42	50 x 2	2,5	4	6	A, B, C	40	350
100.2	3.0	0,92	0,62	20	100	98	84	57	8	46	50 x 3	2,5	6	7	A, B, C	40	375
120.2	4.4	1,3	0,88	20	120	115	101,5	75	10	60	60 x 4	2,5	8	8	A, B, C	60	475
120.5	5.4	1,6	1,4	20	120	125	101,5	75	10	60	70 x 4	2,5	8	9	A, B, C	60	495
150.2	7.1	2,2	2,0	20	150	138	130	90	12	65	80 x 4	3	8	10	C	110	550
150.3	11	3,3	2,6	35	150	150	130	90	12	90	90 x 4	3	8	12	C	110	745
150.5	13	4,3	3,3	30	150	158	130	90	12	86	100 x 5	3	8	12	C	110	660
180.5	22	6,7	4,6	30	180	178	155,5	110	14	96	110 x 6	3,6	8	14	C	110	740
225.7	35	11	6,9	30	225	204	196	140	16	110	120 x 6	5	8	15	C	140	830

Размеры указаны в миллиметрах.

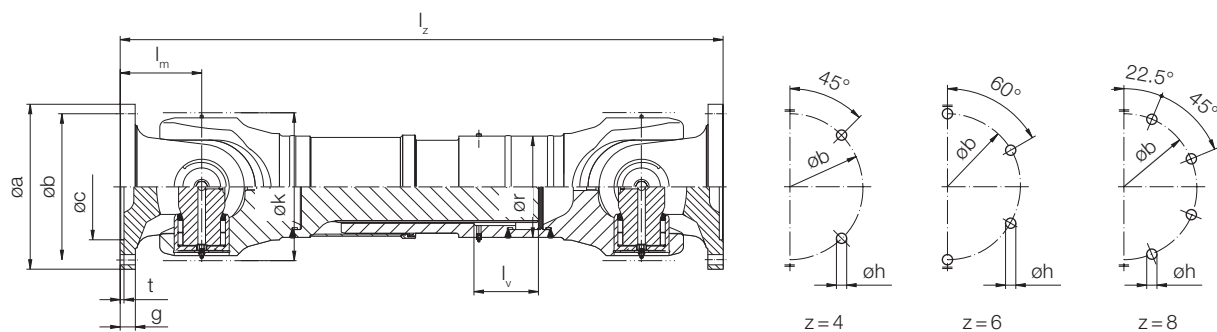
¹ Исполнения с увеличенной величиной I_v предоставляются по запросу.

LA — Шлицевое соединение

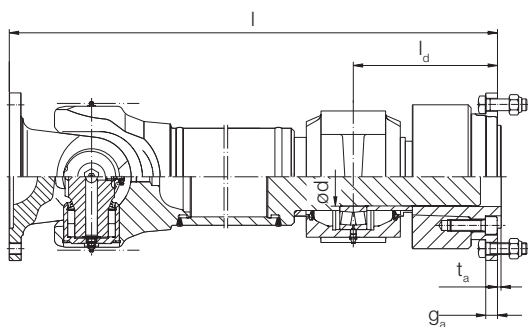
A: трение стальных деталей без защитного кожуха
B: трение стальных деталей с защитным кожухом

C: трение покрытия Rilsan® о сталь с защитным кожухом
D: трение покрытия из политетрафторэтилена о сталь с защитным кожухом

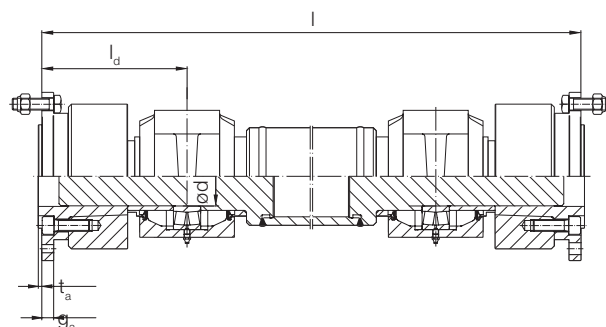
ST/STK



SFZ



SZ



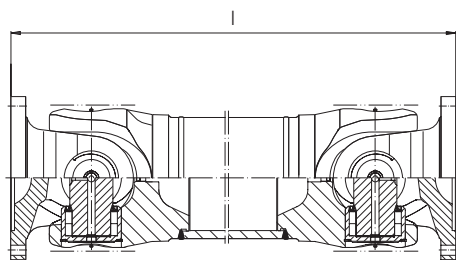
STK 1			STK 2			STK 3			STK 4 ²			SF	SGK	SFZ	SZ	SFZ, SZ			
LA	I _v	I _{z fix}	LA	I _v	I _{z fix}	LA	I _v	I _{z fix}	LA	I _v	I _{z fix}	I _{min}	I _{fix}	I _{min}	I _{min}	I _d	d	g _a	t _a
B	25	215	B	25	195	B	25	175	B	20	165	160	120	-	-	-	-	-	-
B	30	235	B	30	220	B	30	200	B	20	180	165	128	-	-	-	-	-	-
B	35	270	B	35	250	B	35	225	B	25	200	200	144	-	-	-	-	-	-
B, C	40	310	B, C	40	280	B, C	40	250	B, C	25	225	216	168	-	-	-	-	-	-
B, C	40	340	B, C	40	310	B, C	40	280	B, C	30	255	250	184	-	-	-	-	-	-
B, C	60	430	B, C	60	400	B, C	50	360	B, C	35	325	301	240	-	-	-	-	-	-
B, C	60	450	B, C	60	420	B, C	50	375	B, C	35	345	307	240	-	-	-	-	-	-
C	80	490	C	80	460	C	80	400	C	40	360	345	260	-	-	-	-	-	-
C	110	680	C	110	640	C	80	585	C	40	545	455	360	-	-	-	-	-	-
C	110	600	C	80	555	C	45	495	D	40	400	430	344	-	-	-	-	-	-
C	110	650	C	60	600	C	45	560	C	60	500	465	384	-	-	-	-	-	-
C	110	720	C	80	650	C	55	600	D	40	550	520	440	533	586	171	80	25	4

² Исполнения с уменьшенной величиной I_z предоставляются по запросу.

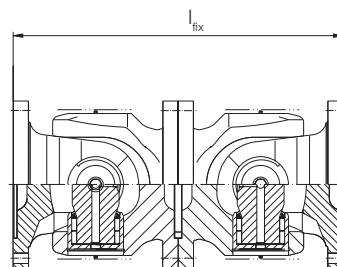
6.2 Серия R

Карданные валы серии R являются оптимальным решением для средних крутящих моментов и, прежде всего, для скоростных приводов. Благодаря модульной конструкции карданные валы серии R интегрируются в приводы. Фланцевые соединения представлены в двух вариантах: с фрикционной конструкцией и с геометрическим замыканием.

RF



RGK

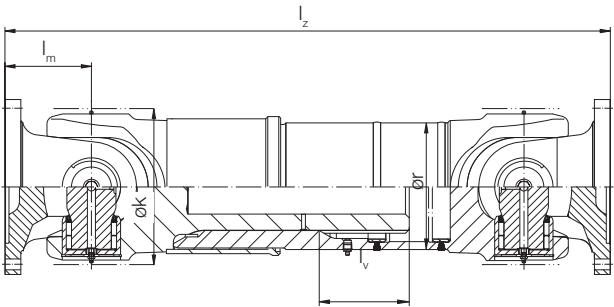


Общие данные								RT			RTL ¹		
Размер	M _z [кН·м]	M _{DW} [кН·м]	CR [кН·м]	β _{max} [°]	k	I _m	r	LA	I _v	I _{z min}	LA	I _v	I _{z min}
198.8	32	16	8,6	25	198	110	160 x 10	C	110	780	-	-	-
208.8	55	20	11,4	15	208	120	170 x 12,5	B, C	140	815	B, C	370	1 110
250.8	80	35	19,1	15	250	140	200 x 12,5	B, C	140	895	B, C	370	1 215
285.8	115	50	26,4	15	285	160	220 x 12,5	B, C	140	1 060	B, C	370	1 350
315.8	170	71	36,6	15	315	180	240 x 16	B, C	140	1 120	B, C	370	1 450
350.8	225	100	48,3	15	350	194	292 x 22,2	B	140	1 240	B	400	1 640
390.8	325	160	67,1	15	390	215	323,9 x 25	B	170	1 410	B	400	1 730
440.8	500	250	100	15	440	260	368 x 28	B	190	1 625	B	400	1 945
490.8	730	345	130	15	490	270	406,4 x 32	B	220	1 780	B	400	2 090
550.8	1 000	500	185	15	550	305	470 x 32	B	220	1 950	B	400	2 250

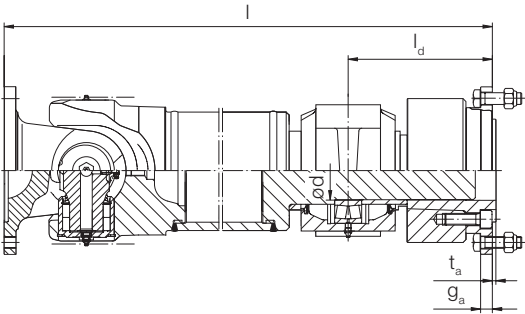
Размеры указаны в миллиметрах.

¹ Исполнения с увеличенной величиной I_v предоставляются по запросу.

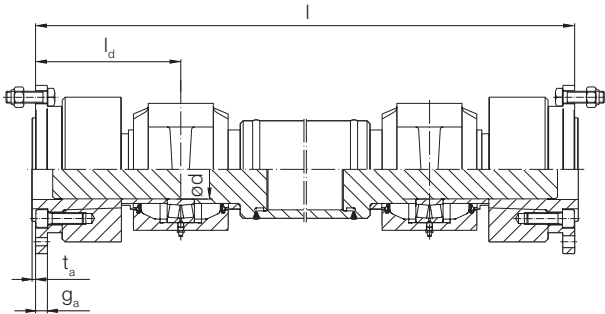
LA: Шлицевое соединение
B: трение стальных деталей с защитным кожухом
C: трение покрытия Rilsan® о сталь с защитным кожухом



RFZ



RZ

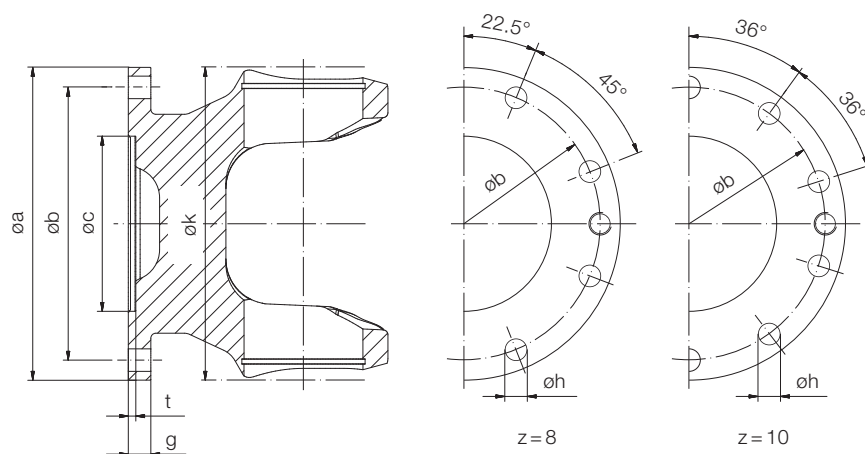


RTK 1			RTK 2 ²			RF	RGK	RFZ	RZ	RFZ, RZ			
LA	l _v	l _{z fix}	LA	l _v	l _{z fix}	l _{min}	l _{fix}	l _{min}	l _{min}	l _d	d	g _a	t _a
-	-	-	-	-	-	480	440	535	568	171	80	25	4
B, C	100	725	B, C	80	640	520	480	626	732	229	90	32	5
B, C	110	800	B, C	70	735	580	560	716	812	251	110	34	6
B, C	120	960	B, C	100	880	678	640	804	883	277	130	42	6
B, C	120	1070	B, C	100	980	755	720	912	1019	316,5	160	45	7
B	130	1160	B	110	1070	855	776	980	1087	344,5	200	48	7
B	150	1280	B	100	1200	955	860	1023	1091	346,5	200	48	9
B	150	1475	B	100	1375	1055	1040	-	-	-	-	-	-
B	200	1680	B	175	1510	1200	1080	-	-	-	-	-	-
B	160	1790	B	120	1680	1250	1220	-	-	-	-	-	-

² Исполнения с уменьшенной величиной l_z предоставляются по запросу.

Размеры фланцев: страницы 20—23

Фланец S: фланец с фрикционной муфтой

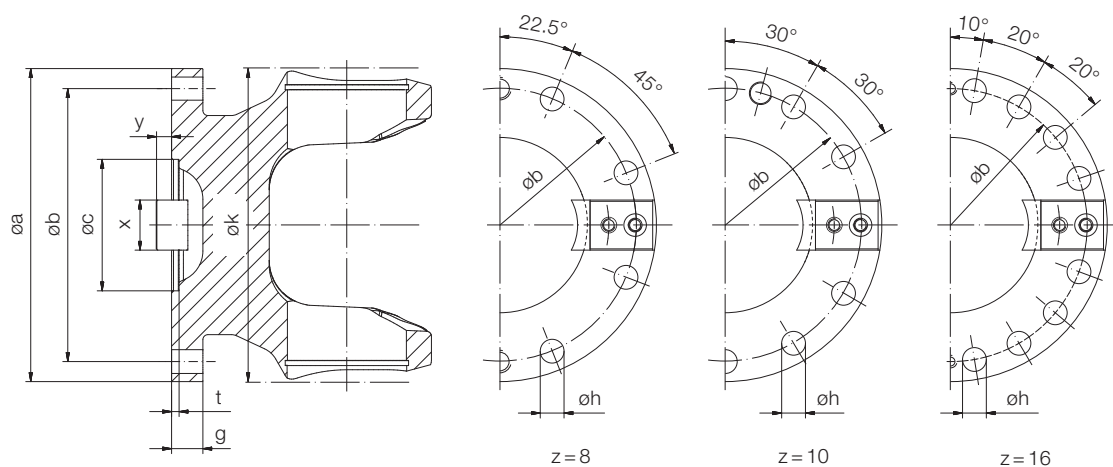


k	a	b ±0,2	c H7	g	h C12	t	z	Указание
198	225	196	140	15	16	5	8	Стандарт
	250	218	140	18	18	6	8	
	285	245	175	20	20	7	8	
208	225	196	140	15	16	5	8	Крутящий момент $M_{DW} = 18 \text{ кН}\cdot\text{м}$
	250	218	140	18	18	6	8	Стандарт
	285	245	175	20	20	7	8	
	315	280	175	22	22	7	8	
250	250	218	140	18	18	6	8	Крутящий момент $M_{DW} = 25 \text{ кН}\cdot\text{м}$
	285	245	175	20	20	7	8	Стандарт
	315	280	175	22	22	7	8	
	350	310	220	25	22	8	10	
285	285	245	175	20	20	7	8	Крутящий момент $M_{DW} = 36 \text{ кН}\cdot\text{м}$
	315	280	175	22	22	7	8	Стандарт
	350	310	220	25	22	8	10	
	390	345	250	32	24	8	10	
315	315	280	175	22	22	7	8	Крутящий момент $M_{DW} = 52 \text{ кН}\cdot\text{м}$
	350	310	220	25	22	8	10	Стандарт
	390	345	250	32	24	8	10	
	435	385	280	40	27	10	10	
350	350	310	220	25	22	8	10	Крутящий момент $M_{DW} = 75 \text{ кН}\cdot\text{м}$
	390	345	250	32	24	8	10	Стандарт
	435	385	280	40	27	10	10	
390	390	345	250	32	24	8	10	Крутящий момент $M_{DW} = 100 \text{ кН}\cdot\text{м}$
	435	385	280	40	27	10	10	Стандарт

Размеры указаны в миллиметрах.

Другие фланцы предоставляются по запросу.

Фланец Q: фланец с торцевой шпонкой

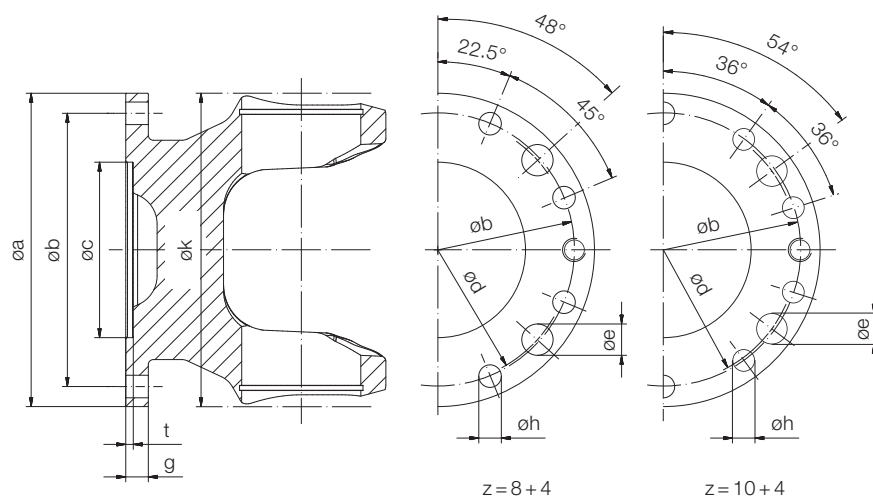


k	a	b ±0.2	c H7	g	h	t	x h9	y	z	Указание
208	225	196	105	20	17	5	32	9	8	Стандарт
	250	218	105	25	19	6	40	12,5	8	
	285	245	125	27	21	7	40	15	8	
250	250	218	105	25	19	6	40	12,5	8	Стандарт
	285	245	125	27	21	7	40	15	8	
	315	280	130	32	23	8	40	15	10	
285	285	245	125	27	21	7	40	15	8	Стандарт
	315	280	130	32	23	8	40	15	10	
	350	310	155	35	23	8	50	16	10	
315	315	280	130	32	23	8	40	15	10	Стандарт
	350	310	155	35	23	8	50	16	10	
	390	345	170	40	25	8	70	18	10	
350	350	310	155	35	23	8	50	16	10	Стандарт
	390	345	170	40	25	8	70	18	10	
	435	385	190	42	28	10	80	20	16	
390	390	345	170	40	25	8	70	18	10	Стандарт
	435	385	190	42	28	10	80	20	16	
	480	425	205	47	31	12	90	22,5	16	
440	435	385	190	42	28	10	80	20	16	Стандарт
	480	425	205	47	31	12	90	22,5	16	
	550	492	250	50	31	12	100	22,5	16	
490	480	425	205	47	31	12	90	22,5	16	Стандарт
	550	492	250	50	31	12	100	22,5	16	
550	550	492	250	50	31	12	100	22,5	16	Стандарт

Размеры указаны в миллиметрах.

Другие фланцы предоставляются по запросу..

Фланец К: фланец с зажимной втулкой

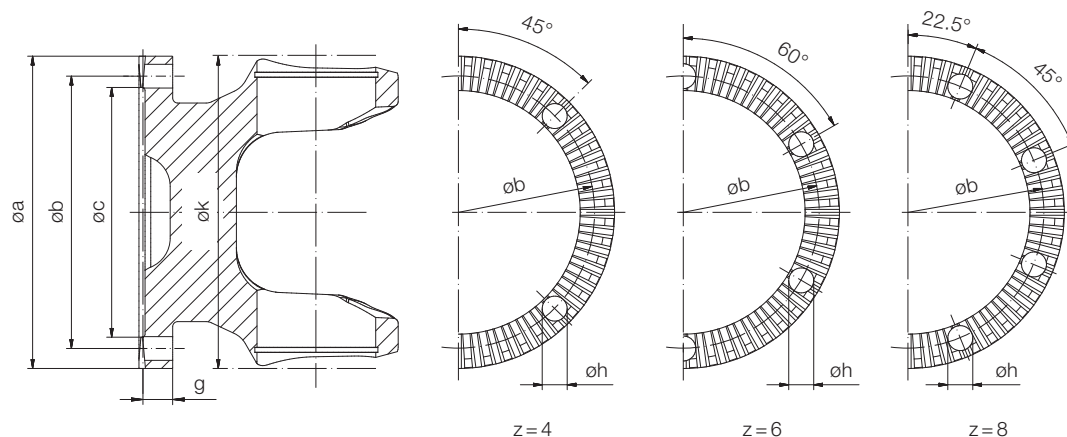


k	a	b ±0.2	c H7	g	h C12	t	z	d	e H12	Указание
198	225	196	140	15	16	5	8	192	21	Стандарт
	250	218	140	18	18	6	8	214	25	
208	250	218	140	18	18	6	8	214	25	Стандарт
	285	245	175	20	20	7	8	240	28	
250	285	245	175	20	20	7	8	240	28	Стандарт
	315	280	175	22	22	7	8	270	30	
285	315	280	175	22	22	7	8	270	30	Стандарт
	350	310	220	25	22	8	10	300	32	
315	350	310	220	25	22	8	10	300	32	Стандарт
	390	345	250	32	24	8	10	340	32	
350	390	345	250	32	24	8	10	340	32	Стандарт
	435	385	280	40	27	10	10	378	35	
390	435	385	280	40	27	10	10	378	35	Стандарт

Размеры указаны в миллиметрах.

Другие фланцы предоставляются по запросу.

Фланец Н: фланец с торцевым зубчатым зацеплением Хирта



k	a	b ±0.2	c	g	h	u ¹	z	Указание
208	225	196	180	20	17	48	4	Стандарт
	250	218	200	25	20	48	4	
250	250	218	200	25	20	48	4	Стандарт
	285	245	225	27	21	60	4	
285	285	245	225	27	21	60	4	Стандарт
	315	280	250	32	24	60	4	
315	315	280	250	32	23	60	4	Стандарт
	350	310	280	35	24	72	6	
350	350	310	280	35	23	72	6	Стандарт
	390	345	315	40	25	72	6	
390	390	345	315	40	25	72	6	Стандарт
	435	385	345	42	28	96	6	
440	435	385	345	42	28	96	6	Стандарт
	480	425	370	47	31	96	8	
490	480	425	370	47	31	96	8	Стандарт
	550	492	440	50	31	96	8	
550	550	492	440	50	31	96	8	Стандарт

Размеры указаны в миллиметрах.

Другие фланцы предоставляются по запросу.

Отверстие на впадине между зубьями.

¹ Число зубьев торцевого зубчатого зацепления Хирта.

6.3 Серия СН

Серия СН является стандартом для высоких и максимальных крутящих моментов. Карданные валы серии СН конструируются индивидуально, т. е. в соответствии с требованиями заказчика. Они точно адаптируются к требованиям привода. Имеются фланцы и фланцевые вилки разных конструкций, выполненные из различных материалов.

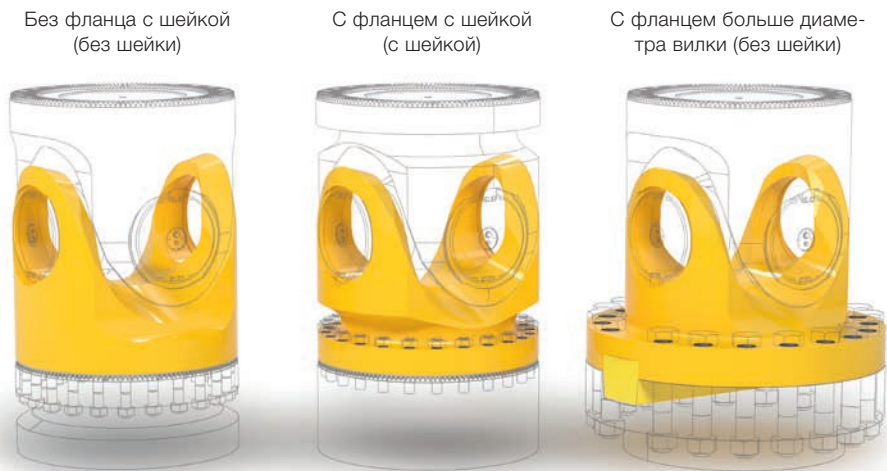
6.3.1 Фланцевые вилки

Используя разные конструкции неразъемных (цельных) фланцевых вилок, мы обеспечим индивидуальную оптимизацию карданного вала к вашему приводу. Ваш карданный вал отличается оптимальным расчетом параметров и наилучшим соотношением мощности, надежности и затрат.

Модели

Конструкции	Без фланца с шейкой	Стандарт
	С фланцем с шейкой	M_{DW} примерно на 5 % меньше, чем в стандартной конструкции
	С верхним фланцем	Значение M_{DW} аналогично стандартной конструкции
Материалы	Кованая сталь	Стандарт
	Стальное литье	M_{DW} примерно на 20 % меньше, чем в стандартной конструкции

Фланцевая вилка



6.3.2 Шарнир и конструкция подшипника

Конструкция подшипника серии СН основана на накопленном в течение многих десятилетий опыте в области производства высокопроизводительных карданных валов. В процессе разработки первостепенное значение придавалось низкой стоимости жизненного цикла и высокой эксплуатационной надежности.

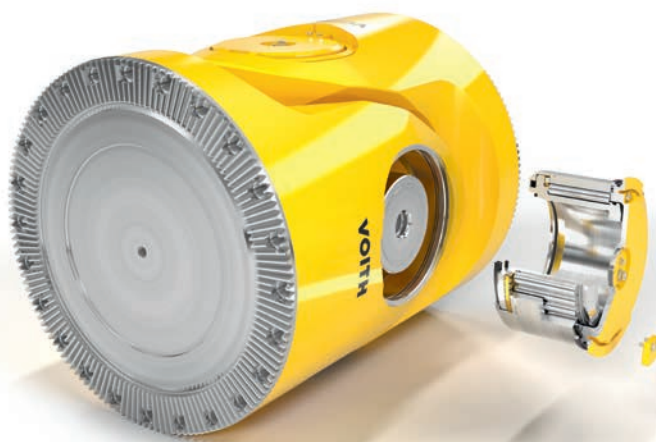
Наша конструкция

- Комбинация радиального и осевого подшипников образует конструктивный узел (кассетный подшипник).
- Радиальный и осевой подшипники представляют собой подшипники качения с малыми потерями на трение.
- Внутренние и наружные кольца из специальной подшипниковой стали образуют дорожки качения подшипников.
- Геометрия фланцевых вилок адаптирована для минимальной концентрации напряжений.
- Поверхностный слой крестовин карданного шарнира прошел специальную обработку.
- Соединение между осевым подшипником и крестовиной карданного шарнира имеет эластичную конструкцию.

Ваша выгода

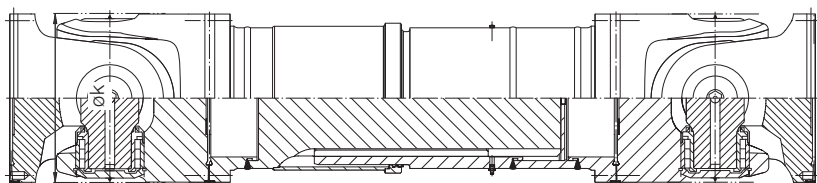
- + Подшипники качения можно менять по отдельности. Ваши эксплуатационные расходы сокращаются.
- + Очень длительный срок службы подшипниковой опоры. Возрастает производительность вашего оборудования.
- + Крестовины карданных шарниров можно многократно использовать при замене подшипникового узла. Сохраняются низкие расходы на эксплуатацию.
- + Высокая усталостная прочность карданного вала. Благодаря этому обеспечивается, например, надежная прокатка высокопрочных марок стали, а длительный срок службы карданного вала положительно влияет на производительность.

Шарнир и конструкция подшипника

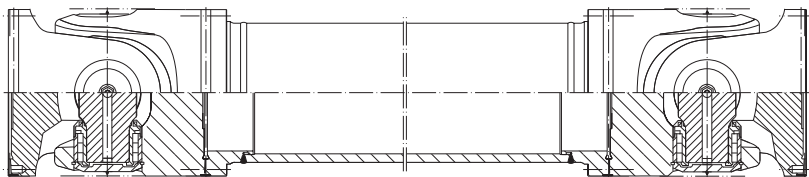


6.3.3 Технические характеристики

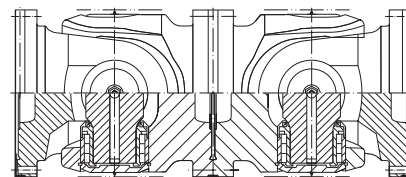
СНТ



CHF



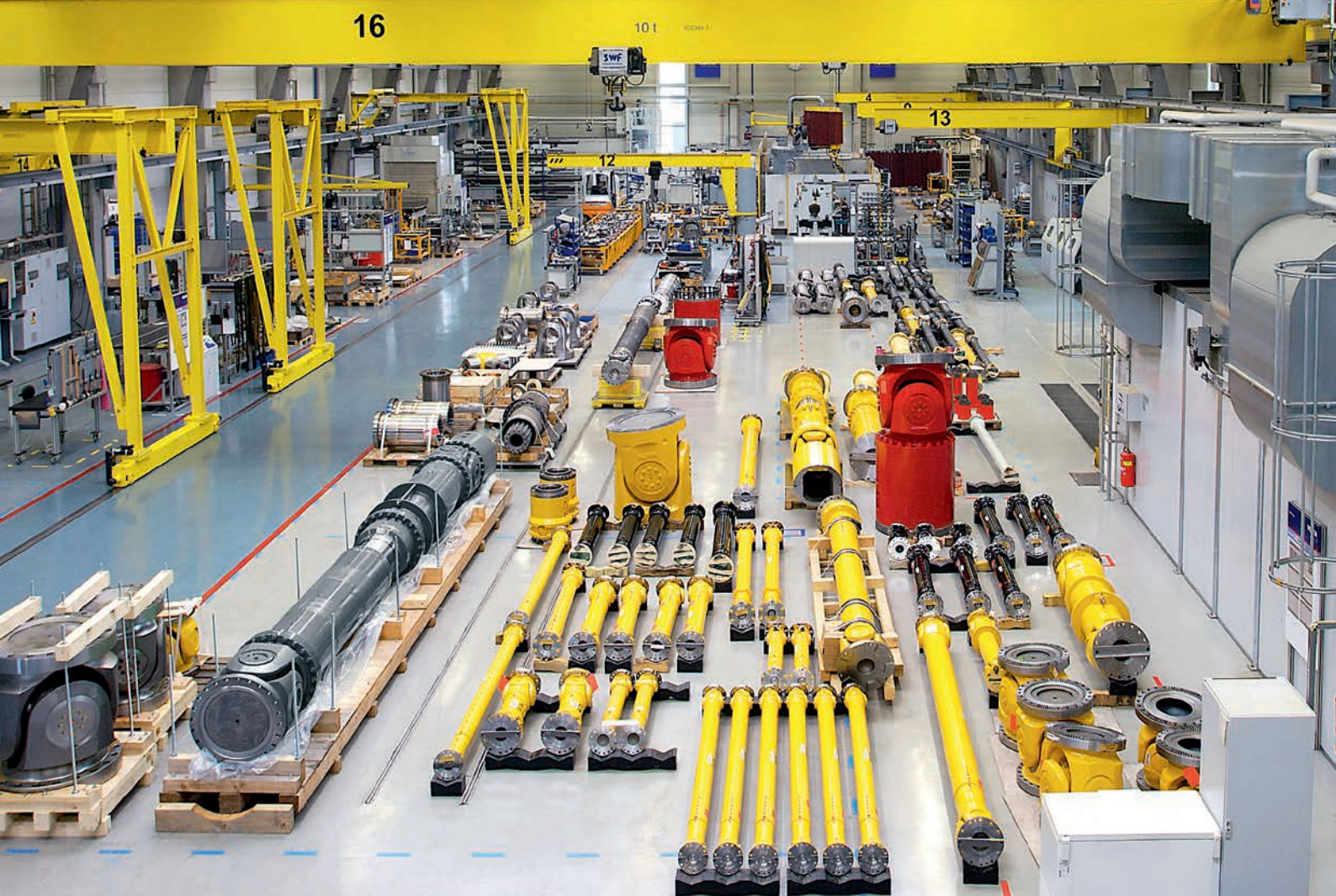
CHGK



Конструктивные размеры	350.8 — 550.8	590.40 — 1460.40
Крутящие моменты M_{DW} (стандартное исполнение из кованой стали)	140 — 560 кН·м	890 — 13 500 кН·м
Угол перекоса β_{max}	10°	10° (конструкции с большим углом перекоса поставляются по запросу)
Базовая градация диаметра вращения k	350, 390, 440, 490, 550 мм	590, 650, 710, 770, 830, 890, 950, 1 010, 1 090, 1 170, 1 250, 1 320, 1 400 мм (промежуточные диаметры поставляются по запросу)
Подшипники	без внутреннего кольца	с внутренним кольцом
Модели	СНТ, СНF, СНGК	СНТ, СНF, СНGК

Высокопроизводительные карданные валы в монтажном цехе; серия СН





Монтажный цех по сборке карданных валов Voith

6.4 Серия E

Карданные валы серии E подходят для сложных приводов с максимальными крутящими моментами. Отличительными особенностями этой серии являются очень высокая производительность по крутящему моменту и увеличенный срок службы.

6.4.1 Шарниры

По сравнению с другими сериями шарниры серии E имеют высочайшую производительность по крутящему моменту. Высокопроизводительный карданный вал либо оснащается с двух сторон шарниром серии E, либо шарнир серии E комбинируется с шарниром серии CH.

Наша конструкция

- Крестовины карданных шарниров дополнительно усилены.
- Разъемная фланцевая вилка (состоит из 2 частей). Зубчатое зацепление расположено на оси симметрии. Разъем вилки реализован в поперечном сечении, которое подвергается относительно небольшим нагрузкам.
- Геометрия фланцевых вилок оптимально адаптирована к передаче мощности.
- Все детали шарнира адаптированы для высокой производительности по крутящему моменту.

Ваша выгода

- + Карданный вал серии E при одинаковом диаметре шарнира передает на 20 % более высокий крутящий момент, чем карданный вал серии CH. Серия E идеально подходит в случае ограниченного места установки.
- + Карданный вал отличается высокой усталостной прочностью. Благодаря этому обеспечивается высокая эксплуатационная надежность, например, при прокатке высокопрочных марок стали.

Высокопроизводительный карданный вал со сравнением размеров; слева шарнир серии CH, справа шарнир серии E



6.4.2 Конструкция подшипника

Конструкция подшипника серии Е основана на максимальном использовании монтажного пространства с максимально возможными подшипниками и крестовинами карданного шарнира.

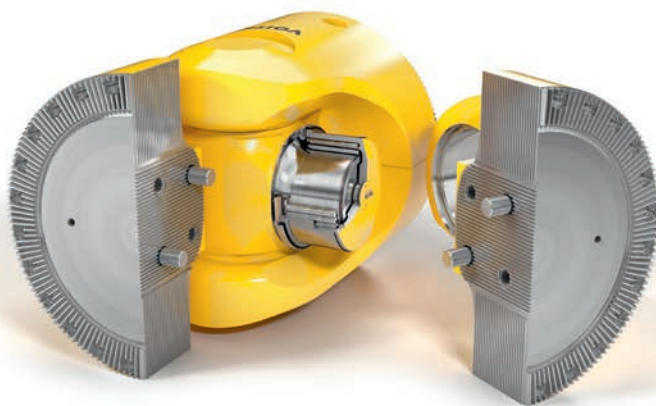
Наша конструкция

- Подшипники представляют собой подшипники качения с малыми потерями на трение.
- Внутренние и наружные кольца из специальной подшипниковой стали образуют дорожки качения подшипников.
- Подшипники качения оптимально встроены, а на крестовине карданного шарнира имеется наилучшее отношение плеч рычага.
- Подшипники качения и их смазка оптимально адаптированы для длительного срока службы подшипниковой опоры.

Ваша выгода

- + Срок службы подшипникового узла еще на 40 — 80 % выше, чем у карданных валов серии СН. Серия Е отличается очень длительным сроком службы. Сокращаются периоды простоя вашего оборудования, и увеличивается его производительность.
- + Подшипники качения можно менять по отдельности, а крестовины карданных шарниров можно многократно использовать при замене подшипникового узла. Ваши эксплуатационные расходы сокращаются.

Шарнир и конструкция подшипника



6.4.3 Технические характеристики

Конструктивные размеры	580.30 — 1220.30
Крутящие моменты M_{DW} (стандартное исполнение из кованой стали)	1 010 — 9 380 кН·м
Угол перекоса β_{max}	5, 10, 15° (по выбору клиента)
Базовая градация диаметра вращения k	580, 640, 700, 760, 820, 880, 940, 1 000, 1 080, 1 160 мм (промежуточные диаметры поставляются по запросу)
Модели	ET, EF, EGK

Высокопроизводительные карданные валы в монтажном цехе; слева шарнир серии E



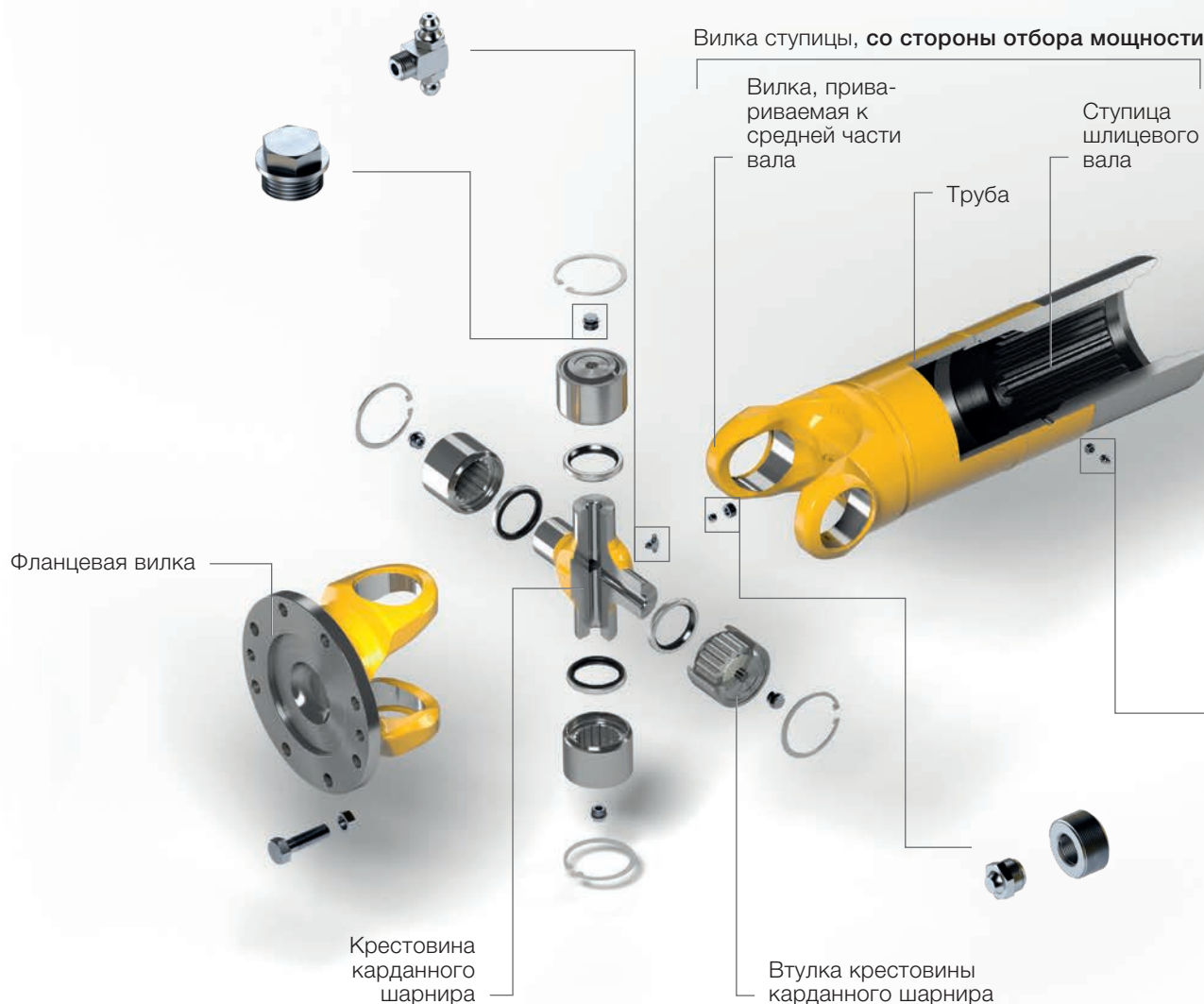
7 Технические основы

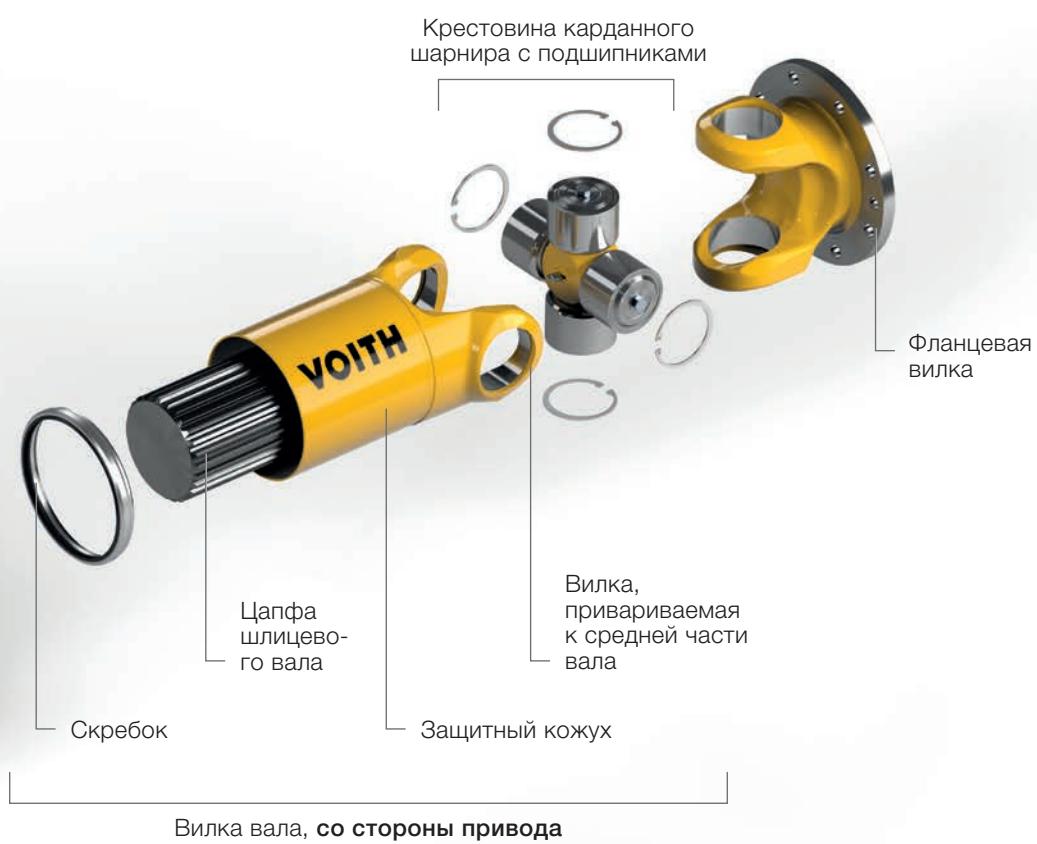
7.1 Основные элементы карданного вала Voith

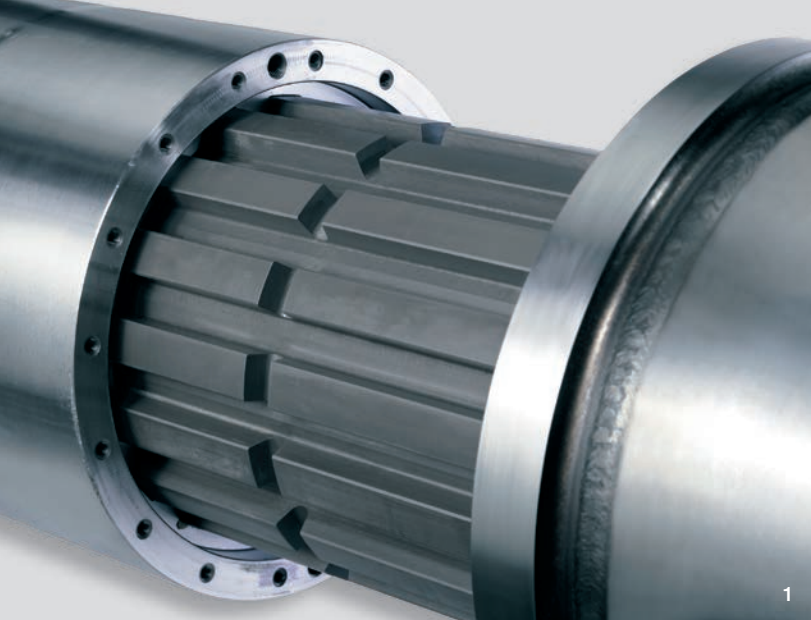
Конструкция

Различные серии карданных валов Voith всех моделей и размеров имеют общие черты, которые способствуют надежной эксплуатации:

- вилки и фланцевые вилки с оптимальной геометрией;
- крестовины карданного шарнира изготовлены методом горячей объемной штамповки;
- не требующие технического обслуживания подшипники качения наивысшей грузоподъемности;
- применение высокопрочных термически улучшенных и цементируемых сталей;
- оптимальные сварные соединения.







1 Профиль SAE (прямобочный профиль)

2 Эвольвентный профиль

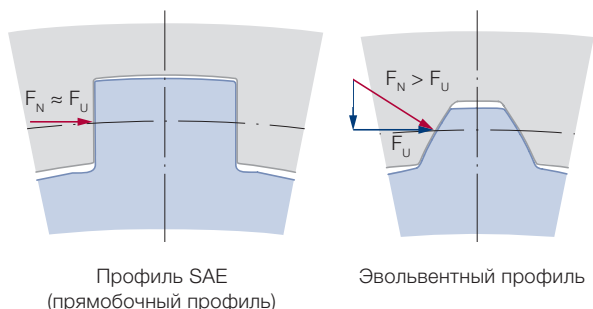
7.2 Компенсация удлинения в шлицевом соединении средней части вала

Во многих случаях необходимо шлицевое соединение на карданном валу. В отличие от других элементов привода, на карданных валах компенсация удлинения реализуется в средней части вала, а осевого отклонения — в шарнирах.

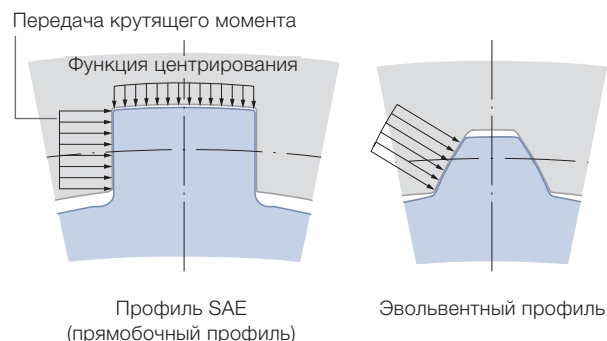
В карданных валах Voith используются шлицевые соединения с профилем шлицевого вала двух типов: профиль SAE (прямобочный профиль) и эвольвентный профиль. Серия и конструктивный размер карданного вала определяют тип шлицевого соединения.

Эвольвентный профиль — стандартное решение для восприятия нагрузки в карданных валах малого конструктивного размера. Этот вариант отличается хорошим соотношением цены и качества. Профиль SAE (прямобочный профиль) — оптимальный вариант для высокопроизводительных карданных валов.

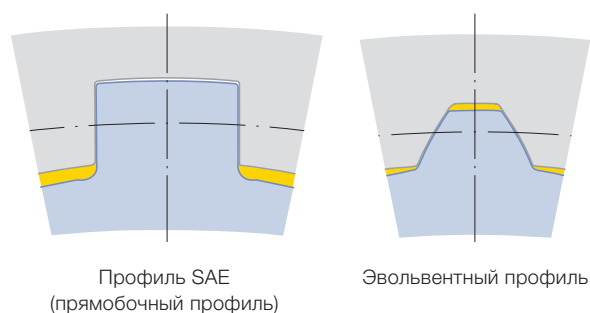
Приложение силы через передачу крутящего момента



Передача крутящего момента и центрирование



Смазка зубчатого зацепления



Шлицевое соединение с профилем SAE (прямобочным профилем)

Характеристики	Преимущества	Факторы эффективности
Прямобочный профиль с центрированием по диаметру	Разделение функций передачи крутящего момента и центрирования	+ Длительный срок службы
Приближенно перпендикулярное приложение силы	Низкие нормальные силы и за счет этого — низкое смещающее усилие	+ Легкость хода
Большая поверхность контакта	Низкое контактное напряжение	+ Длительный срок службы
Благоприятное сочетание материалов ступицы и шлицевого вала Как правило, шлицевой вал нитрирован	Высокая износостойкость	+ Длительный срок службы
Запатентованный механизм смазки в канавке для циркуляции смазки обеспечивает ее равномерное распределение по всему периметру профиля	Форма зубца обеспечивает надежную подачу смазки на поверхность скольжения из смазочного резервуара	+ Увеличенные интервалы техобслуживания



Карданный вал с шарниром равных угловых скоростей типа «Трипод»

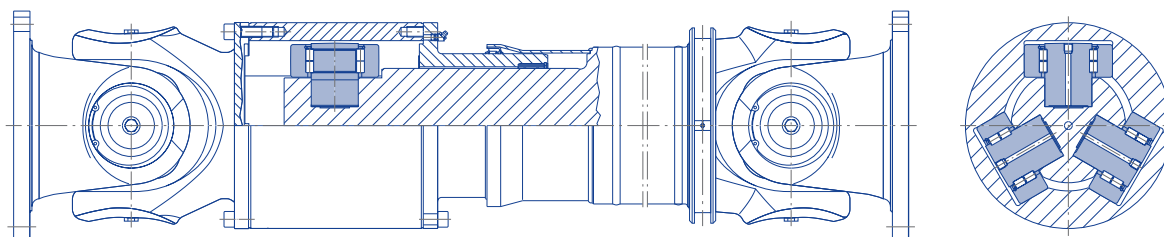
7.3 Шлицевое соединение с опорой на подшипниках качения – карданные валы с шарниром равных угловых скоростей типа «Трипод»

Карданные валы с шарниром равных угловых скоростей типа «Трипод» состоят из стандартных шарниров и специальной средней части. Опора на подшипниках качения в средней части предназначена для компенсации удлинения вала. Благодаря этому осевые смещающие усилия во всем диапазоне крутящего момента остаются очень низкими и почти постоянными.

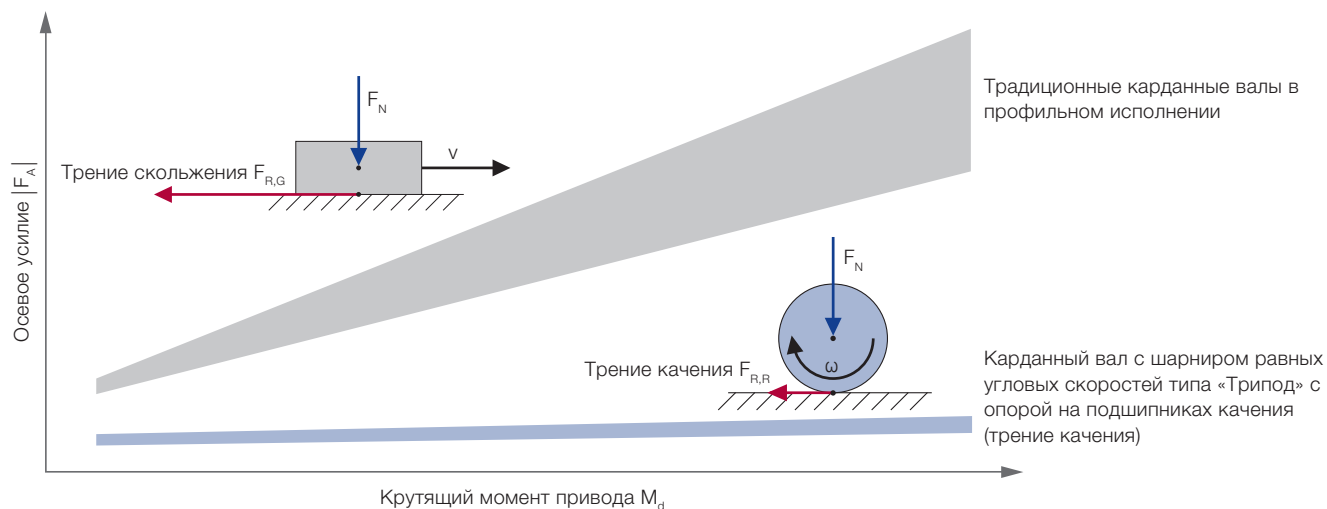
Средняя часть состоит из ведущего вала и ведущей втулки. На свободном конце ведущего вала находятся три болта с роликоподшипниками. Болты установлены со смещением на 120° . В ведущей втулке имеется соответственно три паза, в которых крепятся роликоподшипники.

Карданные валы данного типа идеально подходят для приводов, требующих постоянной компенсации больших осевых смещений.

Принципиальная конструкция карданного вала с шарниром равных угловых скоростей типа «Трипод»



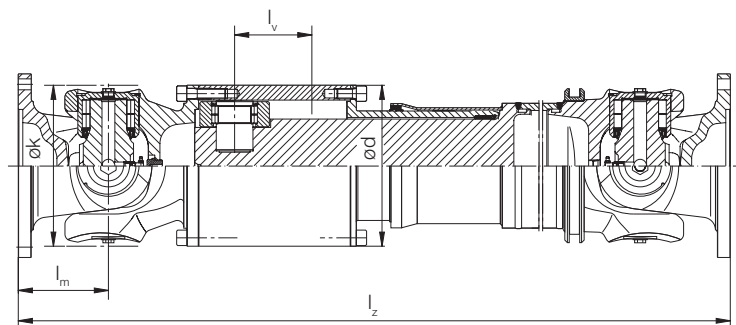
Осевые смещающие усилия в сравнении



Шлицевое соединение с подшипником качения

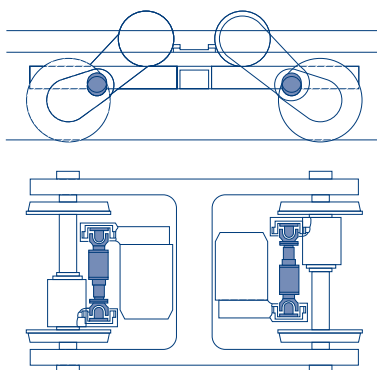
Характеристики	Преимущества	Факторы эффективности
Шлицевое соединение с опорой на подшипниках качения	Низкие и почти постоянные осевые смещающие усилия	+ Снижение затрат на осевые подшипники и подвески в подключенных агрегатах
	Износостойкое шлицевое соединение	+ Низкие расходы на эксплуатацию + Высокая готовность
Закаленные стенки пазов в ведущей втулке	Высокий ресурс пробега	+ Высокая готовность
	Низкий износ	+ Низкие расходы на эксплуатацию
	Отсутствие изменения заданного зазора	+ Отсутствие вибрации
Одинаковые окружные усилия под нагрузкой на всех роликоподшипниках	Стабильное состояние балансировки в течение всего срока службы	+ Отсутствие затрат на балансировку
Заклученная в капсулу ведущая втулка	Гарантированная смазка подшипников качения	+ Низкие расходы на техническое обслуживание
Определенное, с опорой по ширине центрирование на уровнях роликов и скользящей втулки	Высокая плавность хода	+ Низкая генерация шума

Трипод RTR

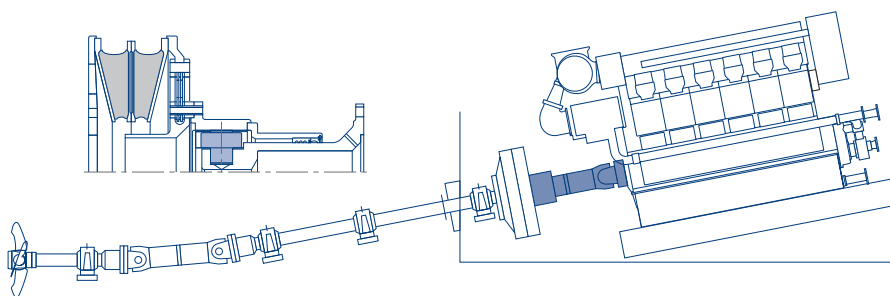


Области применения

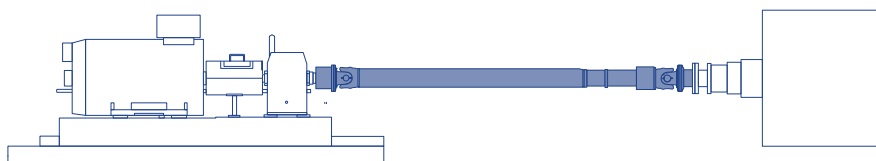
В рельсовых транспортных средствах



В средствах водного транспорта



В бумагоделательных машинах



Размер	M_z [кН·м]	M_{DW} [кН·м]	$I_{z \min}$	I_v	I_m	k	d
198.8	16	10	750	50	110	198	180
208.8	28	16	810	60	120	208	208
250.8	45	23	940	60	140	250	250
285.8	61	35	1 140	120	160	285	285
315.8	94	50	1 260	120	180	315	315
350.8	150	71	1 400	120	194	350	350
390.8	200	100	1 550	120	215	390	390

Размеры указаны в миллиметрах.
Размеры фланцев: страницы 20 — 23.

Специальные конструкции поставляются по запросу.

Преимущества и факторы эффективности

Карданные валы с шарнирами равных угловых скоростей типа «Трипод» передают крутящий момент с приводных двигателей на ведущие колеса. Приводные двигатели находятся в кузове, ведущие колеса — в поддрессоренной поворотной тележке.

- + Небольшие неподрессоренные массы снижают нагрузку на поворотную тележку, привод, рельсы и трассу.
- + Положительные ходовые качества (беспрепятственный синусоидальный ход) снижают износ между рельсом и колесным бандажом.
- + Хорошие динамические характеристики способствуют повышению безопасности и комфортабельности при движении.

Карданные валы с шарнирами равных угловых скоростей типа «Трипод» в сочетании с высокоэластичной муфтой передают крутящий момент на трансмиссию.

- + Высокая надежность в шоковой ситуации.
- + Хорошая изоляция корпусного шума.
- + Повышенная комфортабельность при движении.

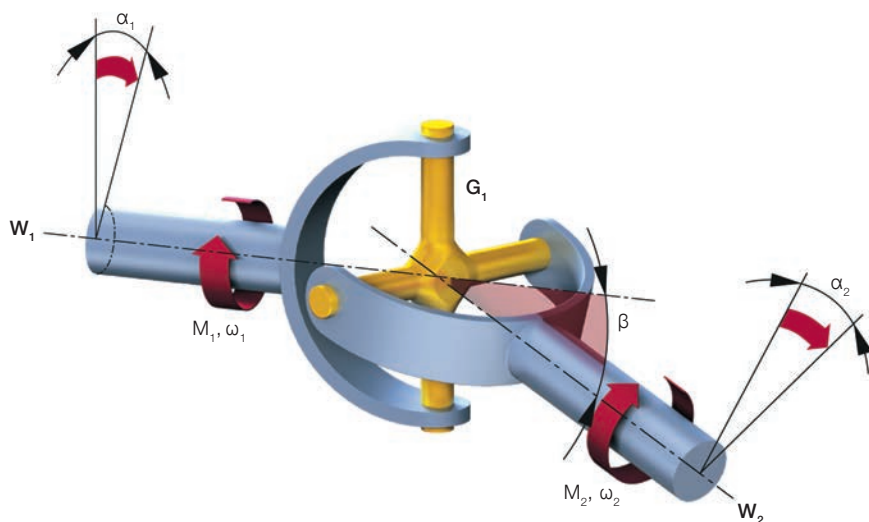
Карданные валы с шарнирами равных угловых скоростей типа «Трипод» в приводе SensoRoll наката Sirius.

- + Легкоходное смещение привода SensoRoll в направлении движения бумаги при любом рулоне.
- + Рулон получает жесткую бобышку, а наружный диаметр намотки увеличивается.
- + Длительный срок службы шлицевого соединения с опорой на подшипниках качения.

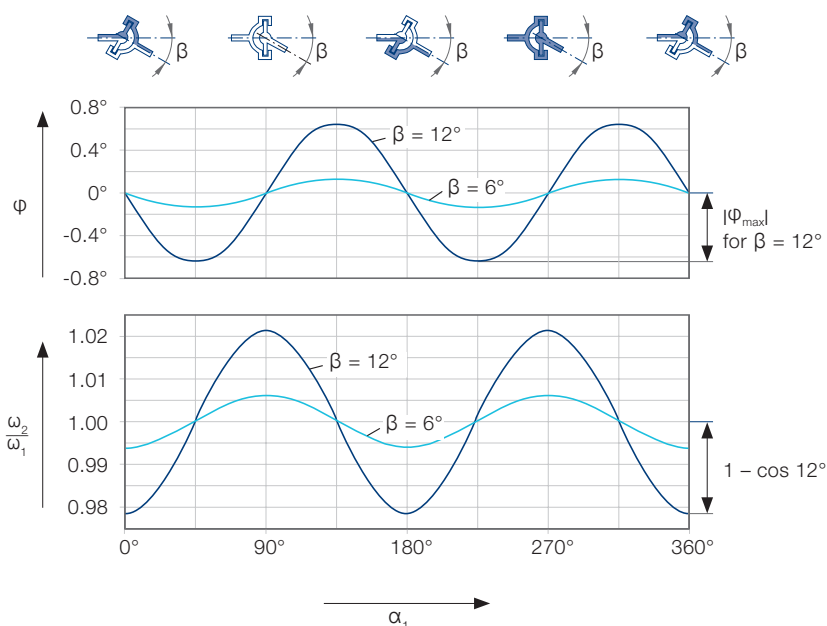
7.4 Кинематика карданного шарнира

- Если привод вала W_1 равномерно приводится в движение ($\omega_1 = \text{const.}$), то выходной вал W_2 вращается неравномерно с изменяющейся во времени угловой скоростью ($\omega_2 \neq \text{const.}$).
- Угловая скорость со стороны отбора мощности ω_2 и разница угла поворота $\phi = (\alpha_1 - \alpha_2)$ представляют собой синусоидальный процесс, и их значение зависит от угла перекоса β .
- Это свойство карданного шарнира означает разницу в углах поворота и должно учитываться при выборе карданных валов.

Карданный шарнир



G_1	простой карданный шарнир
W_1	приводной вал
W_2	выходной вал
α_1, α_2	угол поворота
β	угол перекоса
M_1, M_2	крутящие моменты
ω_1, ω_2	угловая скорость



- Во время одного оборота части вала W_1 происходит четыре смены разницы угла поворота ϕ и, соответственно, угловой скорости ω_2 .
- Часть вала W_2 за один оборот дважды проходит максимум ускорения и замедления.
- При большем угле перекоса β и более высоких оборотах могут возникать значительные силы инерции.

Действуют следующие уравнения:

$$\phi = \alpha_1 - \alpha_2 \quad (1)$$

$$\frac{\tan \alpha_1}{\tan \alpha_2} = \cos \beta \quad (2)$$

$$\tan \phi = \frac{\tan \alpha_1 \cdot (\cos \beta - 1)}{1 + \cos \beta \cdot \tan^2 \alpha_1} \quad (3)$$

Отсюда следует соотношение угловой скорости частей валов W_1 и W_2 :

$$\frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{\cos \beta}{1 - \sin^2 \beta \cdot \sin^2 \alpha_1} \quad (4)$$

с максимумом

$$\left. \frac{\omega_2}{\omega_1} \right|_{\max} = \frac{1}{\cos \beta} \text{ при } \alpha_1 = 90^\circ \text{ или } \alpha_1 = 270^\circ \quad (4a)$$

и минимумом

$$\left. \frac{\omega_2}{\omega_1} \right|_{\min} = \cos \beta \text{ при } \alpha_1 = 0^\circ \text{ или } \alpha_1 = 180^\circ \quad (4b)$$

Для соотношения крутящих моментов действительно следующее уравнение:

$$\frac{M_2}{M_1} = \frac{\omega_1}{\omega_2} \quad (5)$$

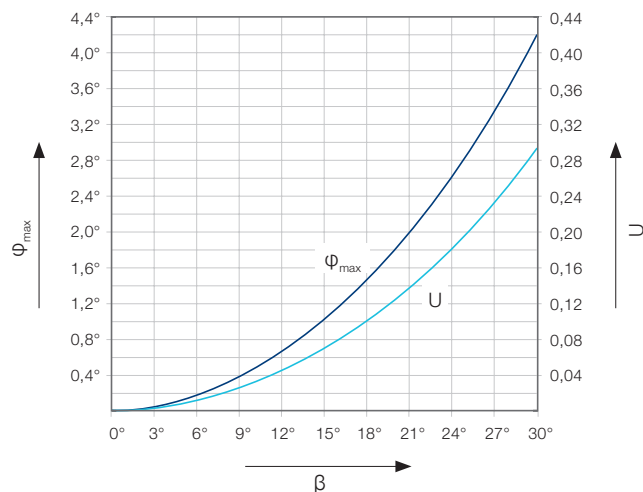
с максимумом

$$\left. \frac{M_2}{M_1} \right|_{\max} = \frac{1}{\cos \beta} \text{ при } \alpha_1 = 90^\circ \text{ или } \alpha_1 = 270^\circ \quad (5a)$$

и минимумом

$$\left. \frac{M_2}{M_1} \right|_{\min} = \cos \beta \text{ при } \alpha_1 = 0^\circ \text{ или } \alpha_1 = 180^\circ \quad (5b)$$

Коэффициент неравномерности, разница угла поворота



Мерой неравномерности является коэффициент неравномерности U

$$U = \frac{\omega_2}{\omega_1} \Big|_{\max} - \frac{\omega_2}{\omega_1} \Big|_{\min} = \frac{1}{\cos \beta} - \cos \beta = \tan \beta \cdot \sin \beta \quad (6)$$

Для максимальной разницы угла поворота $\phi_{\max}$ действительно следующее уравнение:

$$\tan \phi_{\max} = \pm \frac{1 - \cos \beta}{2 \cdot \sqrt{\cos \beta}} \quad (7)$$

Вывод

Единичный карданный шарнир должен применяться только при выполнении указанных ниже условий.

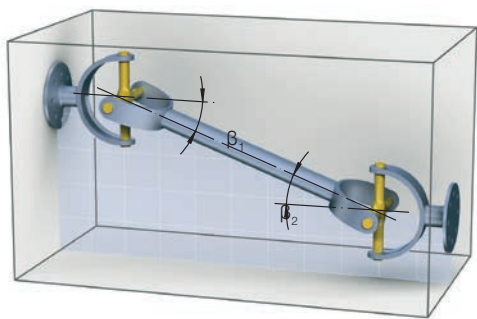
- Неравномерность осевого смещения в выходной части имеет второстепенное значение.
- Угол перекоса ничтожно мал ($\beta < 1^\circ$).
- Передаваемые усилия незначительны.

7.5 Двойной карданный шарнир

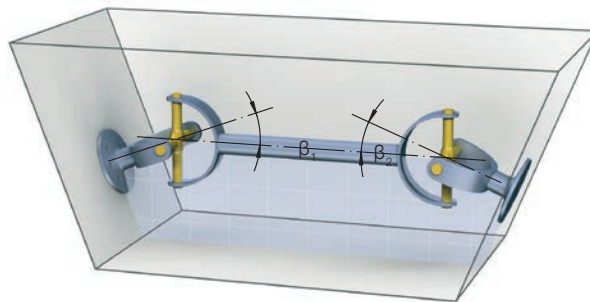
В разделе 7.4 было показано, что при использовании одного карданного шарнира с данным углом перекоса β выходной вал W_2 под влиянием карданного шарнира постоянно вращается с неравномерной угловой скоростью ω_2 .

При правильном расположении двух карданных шарниров G_1 и G_2 в качестве карданного вала в Z- или W-образном расположении неравномерное движение между приводным и выходным валами полностью уравнивается.

Z-образное расположение карданного вала:
приводной и выходной валы расположены параллельно в одной плоскости



W-образное расположение карданного вала:
приводной и выходной валы пересекаются в одной плоскости

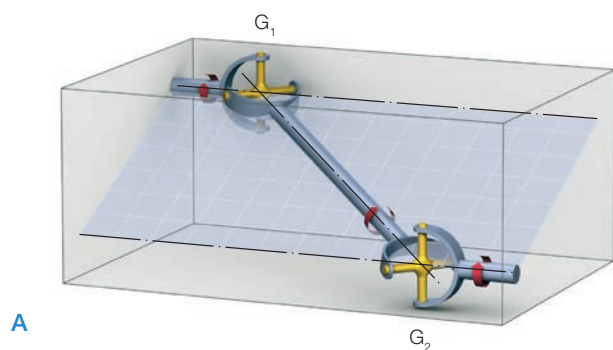


Условия синхронного вращения приводного и выходного валов

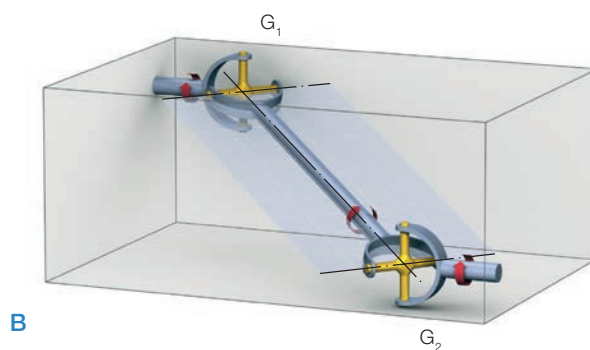
Три условия А, В и С гарантируют, что шарнир G_2 со сдвигом фаз 90° будет работать и полностью компенсирует разницу в углах поворота шарнира G_1 . Такое расположение карданных валов характеризуется как идеальное, с полной компенсацией движения.

К нему необходимо стремиться на практике. Если хотя бы одно из трех условий не выполняется, карданный вал будет работать неравномерно, т. е. с неравными угловыми скоростями. В этом случае проконсультируйтесь с компанией Voith.

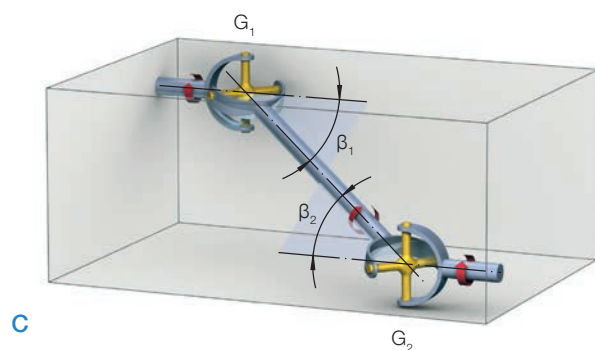
Все части карданного вала лежат в одной плоскости



Обе вилки средней части вала лежат в одной плоскости



Углы перекоса β_1 и β_2 обоих шарниров одинаковы



7.6 Усилия на опорах приводного и выходного валов

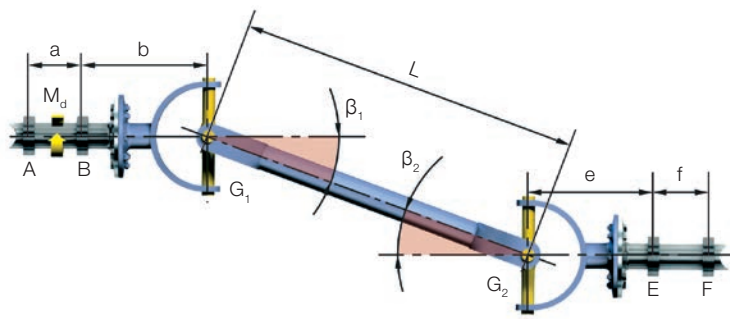
7.6.1 Радиальные усилия на опорах

Вследствие изгиба карданного вала соединительные подшипники подвергаются дополнительным радиальным нагрузкам. За каждый оборот радиальные усилия на опорах дважды изменяются от 0 до максимального значения.

Обозначения и символы

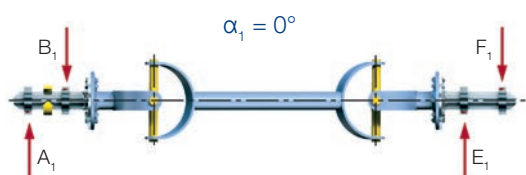
G_1, G_2	карданные шарниры
A, B, E, F	соединительные подшипники
M_d	крутящий момент привода
$A_{1/2}, B_{1/2}, E_{1/2}, F_{1/2}$	усиления на опорах
α_1	угол поворота
β_1, β_2	угол перегиба

Максимальные значения радиальных усилий на опорах карданных валов при Z-образном расположении



$$\beta_1 \neq \beta_2$$

$$\beta_1 = \beta_2$$



$$\alpha_1 = 0^\circ$$

$$A_1 = M_d \cdot \frac{b \cdot \cos \beta_1}{L \cdot a} \cdot (\tan \beta_1 - \tan \beta_2)$$

$$A_1 = 0$$

$$B_1 = M_d \cdot \frac{(a+b) \cdot \cos \beta_1}{L \cdot a} \cdot (\tan \beta_1 - \tan \beta_2)$$

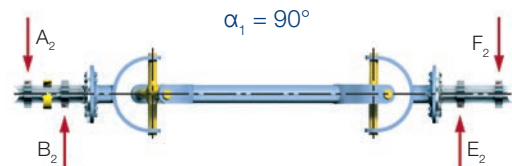
$$B_1 = 0$$

$$E_1 = M_d \cdot \frac{(e+f) \cdot \cos \beta_1}{L \cdot f} \cdot (\tan \beta_1 - \tan \beta_2)$$

$$E_1 = 0$$

$$F_1 = M_d \cdot \frac{e \cdot \cos \beta_1}{L \cdot f} \cdot (\tan \beta_1 - \tan \beta_2)$$

$$F_1 = 0$$



$$\alpha_1 = 90^\circ$$

$$A_2 = M_d \cdot \frac{\tan \beta_1}{a}$$

$$A_2 = M_d \cdot \frac{\tan \beta_1}{a}$$

$$B_2 = M_d \cdot \frac{\tan \beta_1}{a}$$

$$B_2 = M_d \cdot \frac{\tan \beta_1}{a}$$

$$E_2 = M_d \cdot \frac{\sin \beta_2}{f \cdot \cos \beta_1}$$

$$E_2 = M_d \cdot \frac{\tan \beta_1}{f}$$

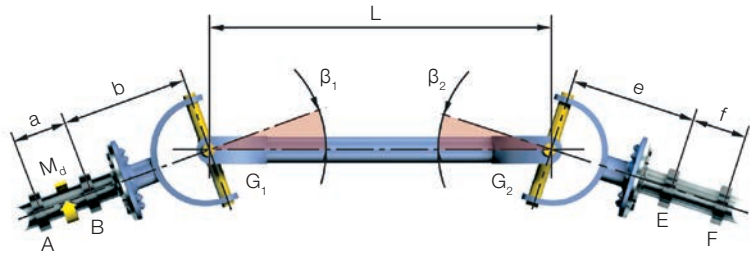
$$F_2 = M_d \cdot \frac{\sin \beta_2}{f \cdot \cos \beta_1}$$

$$F_2 = M_d \cdot \frac{\tan \beta_1}{f}$$

Обозначения и символы

G_1, G_2	карданные шарниры
A, B, E, F	соединительные подшипники
M_d	крутящий момент привода
$A_{1/2}, B_{1/2}, E_{1/2}, F_{1/2}$	усилия на опорах
α_1	угол поворота
β_1, β_2	угол перекоса

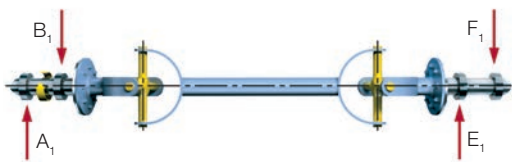
Максимальные значения радиальных усилий на опорах карданных валов при W-образном расположении



$\beta_1 \neq \beta_2$

$\beta_1 = \beta_2$

$\alpha_1 = 0^\circ$



$$A_1 = M_d \cdot \frac{b \cdot \cos \beta_1}{L \cdot a} \cdot (\tan \beta_1 - \tan \beta_2)$$

$$B_1 = M_d \cdot \frac{(a+b) \cdot \cos \beta_1}{L \cdot a} \cdot (\tan \beta_1 - \tan \beta_2)$$

$$E_1 = M_d \cdot \frac{(e+f) \cdot \cos \beta_1}{L \cdot f} \cdot (\tan \beta_1 - \tan \beta_2)$$

$$F_1 = M_d \cdot \frac{e \cdot \cos \beta_1}{L \cdot f} \cdot (\tan \beta_1 - \tan \beta_2)$$

$$A_1 = 2 \cdot M_d \cdot \frac{b \cdot \sin \beta_1}{L \cdot a}$$

$$B_1 = 2 \cdot M_d \cdot \frac{(a+b) \cdot \sin \beta_1}{L \cdot a}$$

$$E_1 = 2 \cdot M_d \cdot \frac{(e+f) \cdot \sin \beta_1}{L \cdot f}$$

$$F_1 = 2 \cdot M_d \cdot \frac{e \cdot \sin \beta_1}{L \cdot f}$$

$\alpha_1 = 90^\circ$



$$A_2 = M_d \cdot \frac{\tan \beta_1}{a}$$

$$B_2 = M_d \cdot \frac{\tan \beta_1}{a}$$

$$E_2 = M_d \cdot \frac{\sin \beta_2}{f \cdot \cos \beta_1}$$

$$F_2 = M_d \cdot \frac{\sin \beta_2}{f \cdot \cos \beta_1}$$

$$A_2 = M_d \cdot \frac{\tan \beta_1}{a}$$

$$B_2 = M_d \cdot \frac{\tan \beta_1}{a}$$

$$E_2 = M_d \cdot \frac{\tan \beta_1}{f}$$

$$F_2 = M_d \cdot \frac{\tan \beta_1}{f}$$

7.6.2 Осевые усилия на опорах

Принципиально из кинематики карданного вала не возникают осевые усилия. Тем не менее, по двум причинам в карданных валах со шлицевым соединением возникают осевые усилия, которые должны воспринимать соединительные подшипники

1. Усилие $F_{ax,1}$ из-за трения в подвижном шлицевом соединении

При изменении длины во время передачи крутящего момента на боковых поверхностях соединения возникает трение. Для силы трения $F_{ax,1}$, действующей в осевом направлении, действует следующее уравнение:

$$F_{ax,1} = \mu \cdot M_d \cdot \frac{2}{d_m} \cdot \cos \beta$$

где:

μ коэффициент трения;

$\mu \approx 0,11 - 0,14$ при трении стальных деталей (со смазкой)

$\mu \approx 0,07$ при трении деталей с полимерным покрытием Rilsan® о сталь;

$\mu \approx 0,04$ при трении деталей с покрытием из политетрафторэтилена о сталь

M_d крутящий момент привода

d_m делительный диаметр профиля

β угол перекоса

2. Усилие $F_{ax,2}$ из-за роста давления в шлицевом соединении при смазывании

При смазывании шлицевого соединения возникает осевое усилие $F_{ax,2}$, зависящее от давления смазывания. Поэтому следует учитывать данные, приведенные в руководстве по монтажу и эксплуатации.

7.7 Балансировка карданных валов

Как любое реальное тело, карданный вал обнаруживает неравномерное распределение масс по оси вращения. При этом в процессе эксплуатации возникает дисбаланс, который требует корректировки в зависимости от конкретного случая применения. В зависимости от рабочего числа оборотов и применения карданные валы Voith динамически сбалансированы в двух плоскостях.

Балансировка карданных валов Voith выполняется в соответствии со стандартом DIN ISO 1940-1 («Механические колебания: требования к качеству балансировки роторов в неподвижном (жестком) состоянии, часть 1: определение и проверка допусков балансировки»). Ниже представлена выдержка из этого стандарта, в которой перечислены ориентировочные значения классов качества балансировки:

Преимущества балансировки

- + Устранение вибрации и колебаний, высокая плавность хода
- + Более длительный срок службы карданного вала

Тип оборудования и общие примеры	Класс качества балансировки G
Узлы поршневых двигателей легковых и грузовых автомобилей и локомотивов	G 100
Легковые автомобили: колеса, ободья, колесные пары, карданные валы ; кривошипно-шатунные механизмы с балансировкой при упругой установке	G 40
Сельскохозяйственные машины; кривошипно-шатунные механизмы с балансировкой при жесткой установке; измельчающие машины; приводные валы (карданные валы , гребные валы)	G 16
Реактивные двигатели; центрифуги (сепараторы); электродвигатели и генераторы с высотой вала не менее 80 мм и максимальной номинальной частотой вращения до 950 об/мин; электродвигатели с высотой вала до 80 мм; вентиляторы; редукторы; оборудование общего машиностроения; металлообрабатывающее оборудование; бумагоделательные машины; технологические машины; насосы; турбокомпрессоры; гидротурбины	G 6.3
Компрессоры; компьютерные приводы; электродвигатели и генераторы с высотой вала не менее 80 мм и максимальной номинальной частотой вращения свыше 950 об/мин; газовые турбины; паровые турбины; приводы металлообрабатывающих станков; текстильное оборудование	G 2.5



1 Балансировочная установка

2 Балансировка карданных валов

В зависимости от применения и максимального рабочего числа оборотов значения классов качества балансировки карданных валов находятся в диапазоне от G 40 до G 6,3. Воспроизводимость результатов измерений под воздействием различных физических факторов влияния может иметь большие допуски. К таким факторам влияния относятся, например:

- Конструктивные особенности балансировочного оборудования
- Точность метода измерений
- Допуски приемки карданных валов
- Радиальный и осевой зазоры в опорах карданных шарниров
- Продольный люфт в шлицевом соединении

8 Рекомендации по выбору

Расчет карданного вала зависит от ряда факторов. Надежные расчеты и испытания исключают угрозу для окружения. Следует также учитывать затраты, требуемые на протяжении всего жизненного цикла изделия.

Методы расчетов, описанные в этой главе, носят исключительно рекомендательный характер. При выборе карданного вала воспользуйтесь знаниями и многолетним опытом наших инженеров отдела сбыта. Мы с радостью вас проконсультируем.

Определяющую роль в выборе карданного вала играют следующие факторы

- Эксплуатационные параметры
 - Ведущий критерий выбора:
срок службы или эксплуатационная прочность подшипников
 - Место установки
 - Соединительные подшипники
-

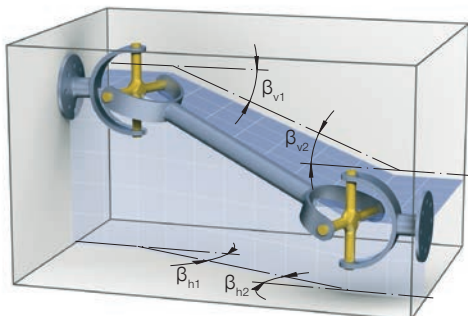
8.1 Определения эксплуатационных параметров

Обозначение	Общепринятая единица	Объяснение
P_N	[кВт]	Номинальная мощность приводного двигателя
n_N	[об/мин]	Номинальная частота вращения приводного двигателя
M_N	[кН·м]	Номинальный крутящий момент приводного двигателя, действительно: $M_N = \frac{60}{2\pi \cdot n_N} \cdot P_N \approx 9,55 \cdot \frac{P_N}{n_N} \text{ с } M_N \text{ в кН·м, } n_N \text{ в об/мин и } P_N \text{ в кВт}$
M_E	[кН·м]	Эквивалентный момент Этот крутящий момент является важным эксплуатационным параметром, если ведущим критерием выбора карданного вала является долговечность подшипников. Он учитывает условия эксплуатации и может рассчитываться для комбинированных нагрузок (см. раздел 8.2.1). Если условия эксплуатации недостаточно известны, при оценке учитывается номинальный крутящий момент.
n_E	[об/мин]	Рабочая частота вращения Это число оборотов является важным эксплуатационным параметром, если ведущий критерий выбора карданного вала — долговечность подшипников. Оно учитывает условия эксплуатации и может рассчитываться для комбинированных нагрузок (см. раздел 8.2.1). Если условия эксплуатации недостаточно известны, при оценке учитывается номинальное число оборотов.
$M_{\max}$	[кН·м]	Пиковый крутящий момент Этот крутящий момент является максимальным при нормальной эксплуатации.
$n_{\max}$	[об/мин]	Максимальное число оборотов Это число оборотов является максимальным при эксплуатации.
n_{z1}	[об/мин]	Максимально допустимое число оборотов в зависимости от рабочего угла перекоса Средняя часть карданного вала в Z- или W-образном расположении ($\beta \neq 0^\circ$) вращается неравномерно. Она испытывает момент ускорения масс, зависящий от числа оборотов и угла перекоса. Для обеспечения плавного хода и предотвращения повышенного износа момент ускорения масс ограничивается, при этом максимальное число оборотов карданного вала не превышает n_{z1} . Более подробные сведения см. в разделе 8.3.1.
n_{z2}	[об/мин]	Максимально допустимое число оборотов с учетом изгибных колебаний Карданный вал является изгибно-упругим телом. При изгибно-критическом числе оборотов частота изгибных колебаний достигает величины собственной частоты карданного вала. В результате возникает высокая нагрузка на все части карданного вала. Максимальное число оборотов карданного вала должно быть значительно ниже изгибно-критического. Более подробные сведения см. в разделе 8.3.2.
β	[°]	Рабочий угол перекоса Угол перекоса обоих шарниров при Z- или W-образном расположении равен:

$$\beta = \beta_1 = \beta_2$$

При пространственном изгибе образующийся угол перекоса β_R определяется следующим образом:

$$\tan \beta_R = \sqrt{\tan^2 \beta_h + \tan^2 \beta_v} \text{ и действует формула: } \beta = \beta_R$$



8.2 Выбор конструктивного размера

В целом имеется два критерия выбора конструктивного размера карданного вала:

1. Срок службы подшипников качения в шарнирах.
2. Эксплуатационная прочность и, следовательно, производительность по крутящему моменту или предельно допустимая нагрузка.

Как правило, ведущие критерии выбора конструктивного размера определяются применением. Выбор в зависимости от долговечности подшипников чаще всего применяется, когда от привода требуется длительный срок службы, а выраженные пики крутящего момента отсутствуют или наступают только кратковременно (например, в фазе запуска). Типичными примерами являются приводы бумагоделательных машин, насосов или вентиляторов. Для всех остальных применений выбор делается в пользу эксплуатационной прочности.

8.2.1 Выбор в зависимости от долговечности подшипников

Долговечность подшипников рассчитывается в соответствии со стандартом DIN ISO 281 («Подшипники качения: динамическая грузоподъемность и номинальная долговечность»).

Разумеется, при применении стандарта к карданным валам ряд различных факторов влияния не учитывается. К ним относится, например, разбитое гнездо подшипника, т. е. деформация отверстия под воздействием нагрузки. Эти влияния до сих пор учитываются только качественно.

Теоретическая долговечность карданного вала рассчитывается по следующему уравнению:

$$L_h = \frac{1,5 \cdot 10^7}{n_E \cdot \beta \cdot K_B} \cdot \left(\frac{CR}{M_E} \right)^{\frac{10}{3}}$$

где:

L_h теоретическая долговечность в часах [ч]

CR коэффициент работоспособности карданного шарнира в кН·м (см. таблицы в разделе 6)

β угол перекося в градусах (°); при пространственном изгибе следует применять полученный в результате угол перекося β_R , но минимальный угол в любом случае составляет 2°

K_B коэффициент эксплуатации

n_E рабочая частота вращения в об/мин

M_E эквивалентный крутящий момент в кН·м

Коэффициент эксплуатации

В приводах с дизельными двигателями возникают пики крутящего момента, которые учитываются коэффициентом эксплуатации K_B :

Приводной двигатель	Коэффициент эксплуатации K_B
Электродвигатель	1
Дизельный двигатель	1,2

Эквивалентные эксплуатационные параметры.

Уравнение теоретической долговечности подшипника предполагает постоянную нагрузку на подшипник и число оборотов. В случае ступенчатого изменения нагрузки эквивалентные эксплуатационные параметры, приводящие к одинаковой усталости подшипников качения, можно определить как фактически действующие нагрузки. Эквивалентными эксплуатационными параметрами в конечном итоге являются рабочая частота вращения n_E и эквивалентный крутящий момент M_E .

Если за отрезок времени T_i карданный вал передает крутящий момент M_i при числе оборотов n_i , прежде всего определяется временной интервал q_i , нормирующий отрезок времени T_i общего срока службы T_{ges} :

$$q_i = \frac{T_i}{T_{ges}} \quad \text{с} \quad \sum_{i=1}^u q_i = q_1 + q_2 + \dots + q_u = 1$$

Отсюда можно определить эквивалентные эксплуатационные параметры:

$$n_E = \sum_{i=1}^u q_i \cdot n_i = q_1 \cdot n_1 + q_2 \cdot n_2 + \dots + q_u \cdot n_u$$

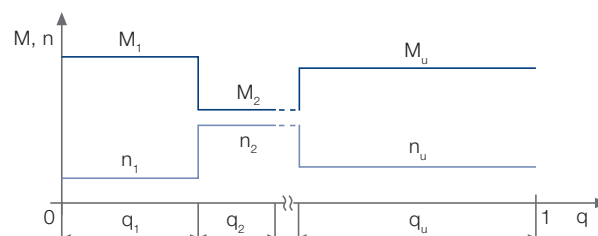
$$M_E = \left(\frac{\sum_{i=1}^u q_i \cdot n_i \cdot M_i^{\frac{10}{3}}}{n_E} \right)^{\frac{3}{10}}$$

$$= \left(\frac{q_1 \cdot n_1 \cdot M_1^{\frac{10}{3}} + q_2 \cdot n_2 \cdot M_2^{\frac{10}{3}} + \dots + q_u \cdot n_u \cdot M_u^{\frac{10}{3}}}{n_E} \right)^{\frac{3}{10}}$$

Вывод

- Расчетная долговечность подшипников является теоретической величиной, которая на практике в большинстве случаев гораздо более продолжительна.
- Следующие дополнительные факторы, и некоторые — в значительной степени, влияют на долговечность подшипников:
 - качество подшипника
 - качество (твердость) цапфы
 - смазка
 - перегрузки, приводящие к пластической деформации
 - качество уплотнений

Ступенчатая нагрузка на карданный вал



8.2.2 Выбор в зависимости от эксплуатационной прочности

Расчеты эксплуатационной прочности могут выполняться с помощью суммарной нагрузки. На практике, однако, редко имеются достаточно точные данные суммарной нагрузки. В этом случае используется метод квазистатического анализа. При этом ожидаемый пиковый крутящий момент $M_{\max}$ сравнивается с крутящими моментами M_{Dw} , M_{Ds} и M_z (см. раздел 5.2).

Для пикового крутящего момента действует следующее выражение:

$$M_{\max} \approx K_3 \cdot M_N$$

где K_3 — коэффициент для учета ударного нагружения. Речь идет об эмпирических величинах, выведенных в результате многолетнего опыта расчета карданных валов.

Определенный таким образом пиковый крутящий момент должен отвечать следующим условиям:

1. $M_{\max} \leq M_{Dw}$ для реверсивной нагрузки
2. $M_{\max} \leq M_{Ds}$ для нереверсивной нагрузки
3. Отдельные и редко возникающие пики крутящего момента не превышают величину M_z . Допустимая продолжительность и частота этих пиков крутящего момента зависит от применения; проконсультируйтесь с компанией Voith.

Ударная нагрузка	Коэффициент для учета ударного нагружения K_3	Типичные рабочие машины
------------------	---	-------------------------

Легкая	1,1 – 1,3	• Генераторы (равномерно нагруженные) • Центробежные насосы • Подъемно-транспортное оборудование (равномерно нагруженное) • Металлообрабатывающее оборудование • Деревообрабатывающие станки
Средняя	1,3 – 1,8	• Многоцилиндровые компрессоры • Многоцилиндровые поршневые насосы • Линии по производству мелкосортного проката • Непрерывные проволочнопрокатные станы • Передние передачи локомотивов и других рельсовых транспортных средств
Тяжелая	2 – 3	• Транспортные рольганги • Непрерывные трубопрокатные станы • Непрерывные рабочие рольганги • Линии по производству среднесортного проката • Одноцилиндровые компрессоры • Одноцилиндровые поршневые насосы • Вентиляторы • Мешалки • Экскаваторы • Гибочные машины • Прессы • Роторные буровые установки • Вспомогательные приводы локомотивов и других рельсовых транспортных средств
Особо тяжелая	3 – 5	• Реверсные рабочие рольганги • Приводы моталок • Окаиноломатели • Клетки прокатного стана
Сверх-тяжелая	6 – 15	• Приводы валков прокатных станов • Ножницы для резки листового металла • Прижимные ролики моталок

8.3 Рабочая частота вращения

8.3.1 Максимально допустимое число оборотов n_{z1} в зависимости от угла перекоса

В разделе 7.4 было показано, что карданный шарнир обнаруживает неравномерное движение выходного звена. Карданный вал представляет собой последовательное соединение двух карданных шарниров. При выполнении условий, перечисленных в разделе 7.5, в карданных валах с Z- или W-образным расположением между приводной и выходной частями достигается равномерное движение. Однако средняя часть карданного вала по-прежнему вращается неравномерно с периодически изменяющейся угловой скоростью ω_2 .

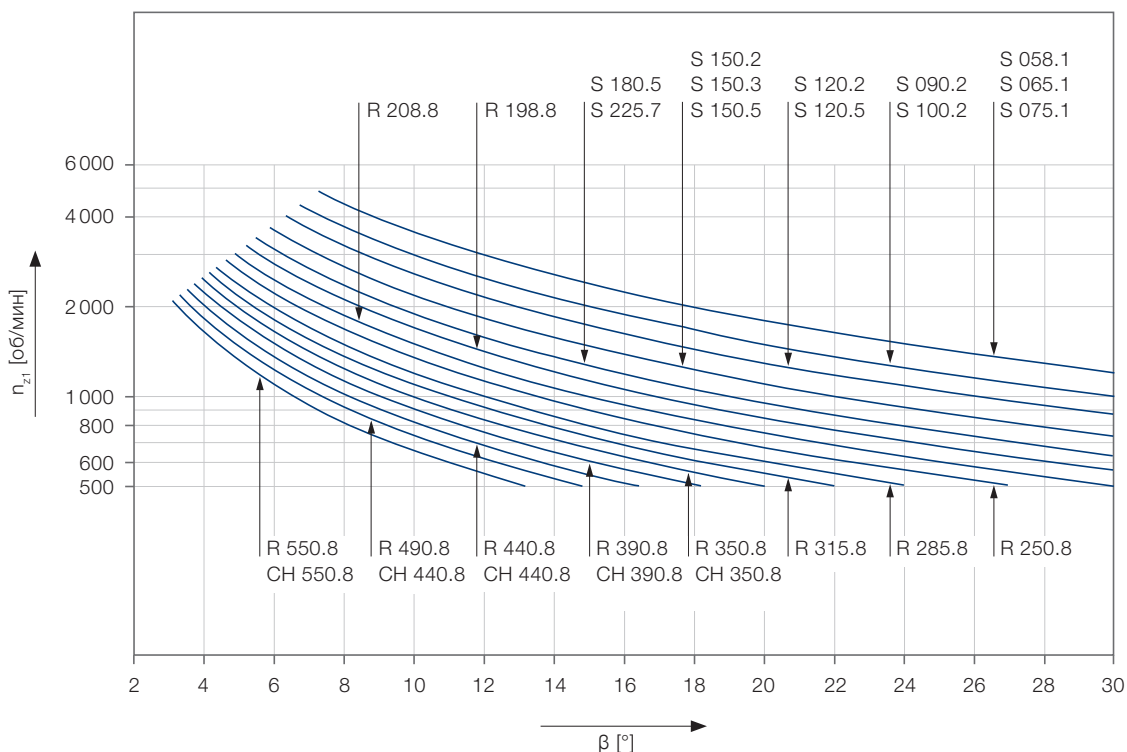
Поскольку средняя часть карданного вала имеет момент инерции массы, она противопоставляет момент сопротивления угловому ускорению $d\omega_2/dt$. Этот взаимодействующий момент ускорения масс может стать причиной хлопающего шума в профиле карданных валов со шлицевым соединением. В результате снижается плавность хода и повышается износ.

Кроме того, момент ускорения масс может — как в валах со шлицевым соединением, так и без него — стать причиной обратного действия на всю приводную систему. Примером могут служить крутильные колебания.

Для предотвращения таких негативных воздействий соблюдайте следующее условие:

$$n_{\max} \leq n_{z1}$$

Ориентировочные величины n_{z1} в зависимости от β



8.3.2 Максимально допустимое число оборотов n_{z2} в зависимости от эксплуатационной длины

Каждый карданный вал имеет изгибно-критическое число оборотов, при котором частота изгибных колебаний достигает величины собственной частоты карданного вала. В результате возникает высокая нагрузка на все части карданного вала, а в неблагоприятных случаях возможно его повреждение или выход из строя.

Расчет изгибно-критического числа оборотов реального карданного вала в линии приводов является комплексной задачей, которую компания Voith выполняет с помощью ряда расчетных программ.

В целом изгибно-критическое число оборотов зависит от трех факторов:

- рабочей длины l_B ;
- изгибной жесткости карданного вала;
- условий соединения со стороны привода и со стороны отбора мощности.

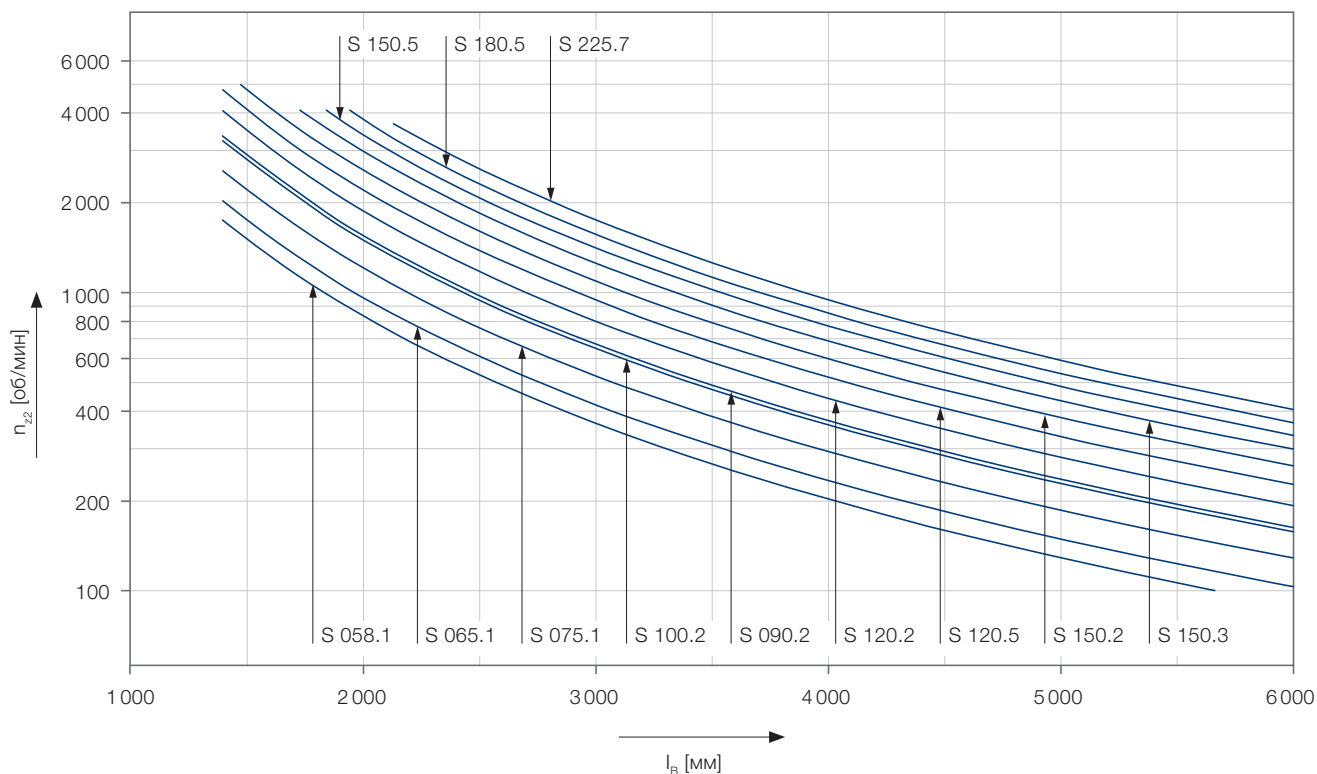
Максимально допустимое число оборотов n_{z2} устанавливается таким образом, чтобы обеспечить безопасный интервал до изгибно-критического числа оборотов, соответствующий данному применению.

Для того чтобы предотвратить выход из строя карданного вала, а также из соображений безопасности соблюдайте следующее условие:

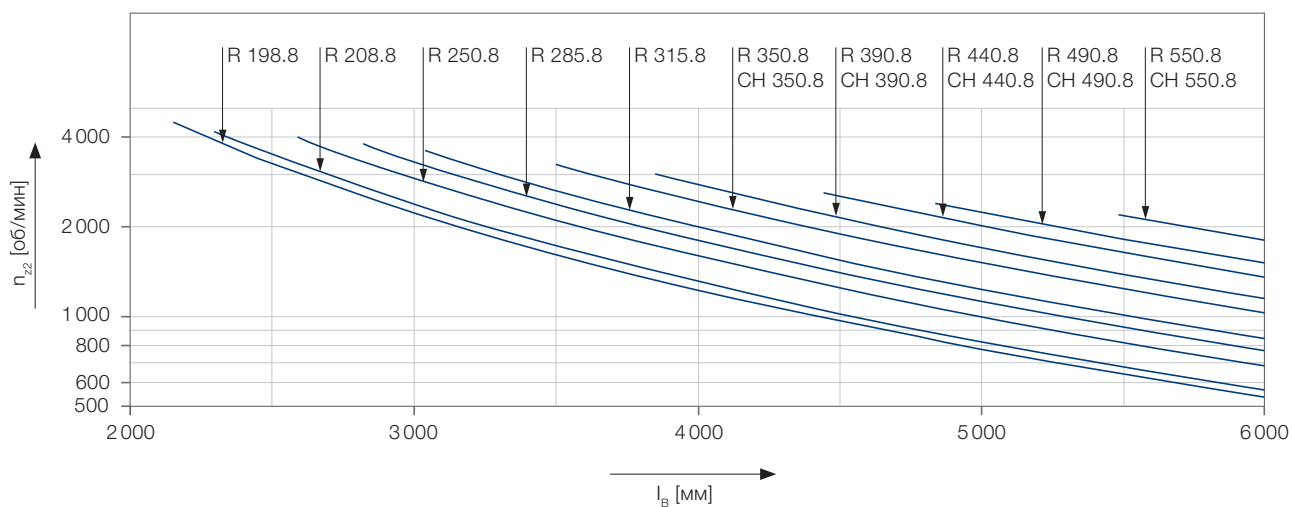
$$n_{\max} \leq n_{z2}$$

Для обычных соединений и условий эксплуатации возможно задание ориентировочных величин максимально допустимого числа оборотов n_{z2} в зависимости от рабочей длины l_B :

Ориентировочные значения n_{z2} в зависимости от l_B для серии S



Ориентировочные величины n_{z2} в зависимости от l_B в сериях R и CH



8.4 Массы

Размер	Зависящие от длины значения для трубы	Карданные валы со шлицевым соединением				
		m'_{R} [кг/м]	$m_{\text{L min}}$ [кг]	$m_{\text{L min}}$ [кг]	$m_{\text{L min}}$ [кг]	$m_{\text{L min}}$ [кг]
ST/STL/SF		ST	STL	STK1	STK2	STK3
058.1	1,0	1,1	Значения предоставляются по запросу	1,1	1,0	1,0
065.1	1,1	1,7		1,7	1,6	1,5
075.1	2,0	2,7		2,5	2,4	2,3
090.2	2,4	4,8		4,3	4,1	4,0
100.2	3,5	6,1		5,8	5,5	5,3
120.2	5,5	10,8		10,2	9,8	9,2
120.5	6,5	14,4		13,7	13,2	12,3
150.2	7,5	20,7		20,7	20,1	17,1
150.3	8,5	32,0		27,0	25,9	27,4
150.5	11,7	36,4		36,5	34,9	32,4
180.5	15,4	51,7		48,5	46,7	43,1
225.7	16,9	65		66	64	60
RT/RTL/RF		RT	RTL	RTK1	RTK2	
198.8	37,0	92	-	-	-	
208.8	49	135	165	126	110	
250.8	58	199	222	179	165	
285.8	64	291	323	334	246	
315.8	89	400	495	387	356	
350.8	148	561	624	546	488	
390.8	185	738	817	684	655	
440.8	235	1 190	1 312	1 050	1 025	
490.8	296	1 452	1 554	1 350	1 300	
550.8	346	2 380	2 585	2 170	2 120	

Характеристики продуктов не указанных размеров и серий предоставляются по запросу.

Обозначение	Объяснение	
m'_R	Масса трубы на 1 м длины	
Карданные валы со шлицевым соединением		
$m_{L\ min}$	Масса карданного вала при длине...	$l_{z\ min}$
Расчеты для всего карданного вала:		
m_{ges}	Общая масса	$m_{ges} = m_{L\ min} + (l_z - l_{z\ min}) \cdot m'_R$

	Карданные валы без шлицевого соединения	Шарнирное соединение
$m_{L\min}$ [кг]	$m_{L\min}$ [кг]	$m_{L\text{fix}}$ [кг]
STK4	SF	SGK
0,9	0,9	0,8
1,4	1,2	1,0
2,1	2,0	1,0
3,8	3,6	3,2
5,1	4,5	4,2
8,6	7,7	7,4
11,5	10,5	9,2
15,8	15,2	13,8
26,0	22,1	16,6
29,4	25,3	21,6
40,9	32,4	30,6
56	36	36
	RF	RGK
	56	59
	78	85
	115	127
	182	191
	250	270
	377	370
	506	524
	790	798
	1 014	1 055
	1 526	1 524

Карданные валы без шлицевого соединения
$l_{\min}$
$m_{\text{ges}} = m_{L\min} + (l - l_{\min}) \cdot m'_R$

8.5 Соединительные фланцы и резьбовые соединения

При установке карданного вала Voith в приводную систему имеется несколько требований к соединительным фланцам и резьбовым соединениям:

1. Исполнение

- Для карданных валов без шлицевого соединения применяется подвижный в продольном направлении соединительный фланец (треф), который позволяет сместить карданный вал через центрирующий буртик. Соединительный фланец воспринимает дополнительные изменения длины вала, возникающие, например, в результате теплового расширения или изменения угла перекоса.

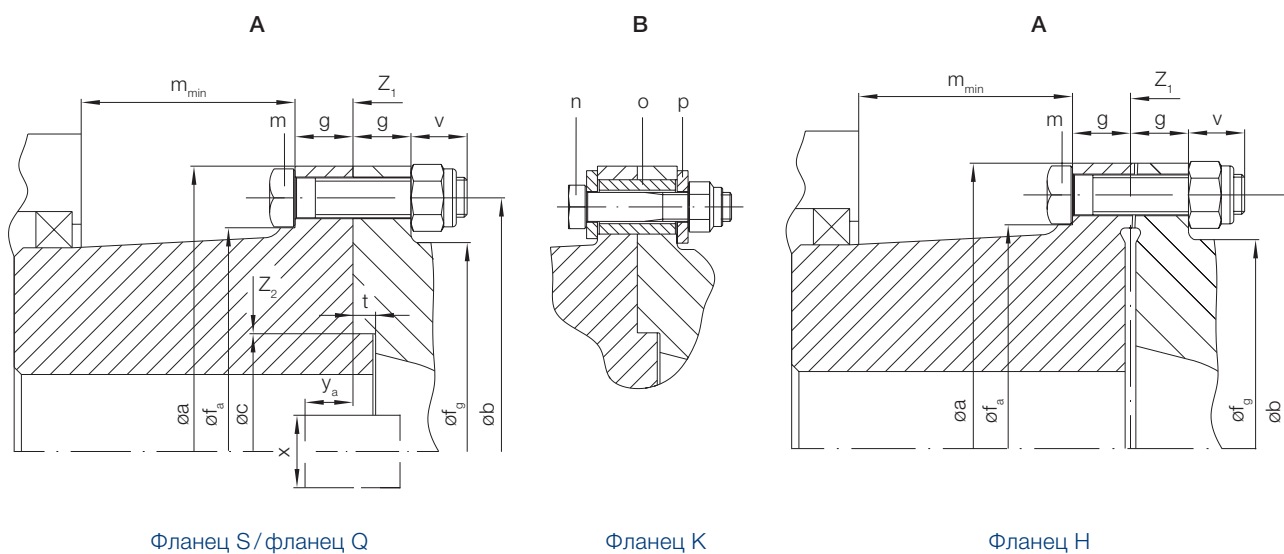
2. Материал

- Материал соединительного фланца должен быть пригоден для применения винтов класса прочности 10.9 (согласно ISO 4014/4017 или DIN 931 - 10.9).
- Особый случай для серий S и R: если материал соединительного фланца не допускает использования винтов класса прочности 10.9, передаваемые крутящие моменты фланцевого соединения снижаются. Заданные моменты затяжки болтов должны снижаться соответственно.

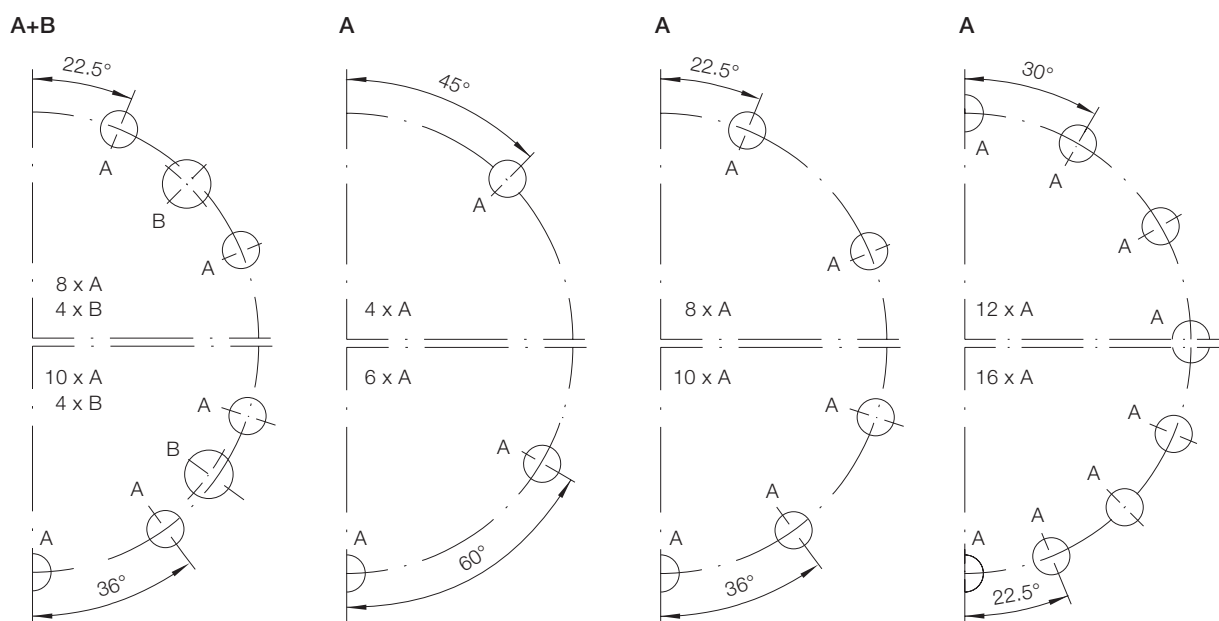
3. Размеры, резьбовые соединения

- Для карданных валов серий S и R размеры соединительных фланцев до центрирующего диаметра (с) соответствуют размерам карданного вала. Центрирующий диаметр имеет зазор (посадка H7/h6).
- Для карданных валов с фланцем серии H размеры соединительных фланцев идентичны размерам карданного вала. Торцевое зубчатое зацепление является самоцентрирующимся.
- Для карданных валов серий S и R внутренняя проточка фланца карданного вала диаметром f_g непригодна для стопорения вращения болтами с шестигранной головкой или гайками. Для этих целей на соединительном фланце предусмотрена внутренняя проточка с диаметром f_a .

Схема фланцевого соединения карданных валов серий S и R



Расположение отверстий для фланцевого соединения карданных валов серий S и R



Размеры соединительных фланцев												Стандартное резьбовое соединение (А)				
Примечание												1	2	3	4	5
Размер	a	b ±0.1	c H7	f _a -0.3	f _g	g	t	v	x P9	y _a +0.5	Z ₁ , Z ₂	z	z	z	m Болт	
Фланец S/ фланец К																
058.1	58	47	30	38,5		3,5	1,2 -0,15	9			0,05	4			M5 x 16	
065.1	65	52	35	41,5		4	1,5 -0,25	12			0,05	4			M6 x 20	
075.1	75	62	42	51,5		5,5	2,3 -0,2	14			0,05	6			M6 x 25	
090.2	90	74,5	47	61		6	2,3 -0,2	13			0,05	4			M8 x 25	
100.2	100	84	57	70,5		7	2,3 -0,2	11			0,05	6			M8 x 25	
120.2	120	101,5	75	84		8	2,3 -0,2	14			0,05	8			M10 x 30	
120.5	120	101,5	75	84		9	2,3 -0,2	13			0,05	8			M10 x 30	
150.2	150	130	90	110,3		10	2,3 -0,2	20			0,05	8			M12 x 40	
150.3	150	130	90	110,3		12	2,3 -0,2	18			0,05	8			M12 x 40	
150.5	150	130	90	110,3		12	2,3 -0,2	18			0,05	8			M12 x 40	
180.5	180	155,5	110	132,5		14	2,3 -0,2	21			0,05	8			M14 x 45	
225.7	225	196	140	171	159	15	4 -0,2	25			0,06	8			M16 x 55	
198.8	225	196	140	171	159	15	4 -0,2	25			0,06	8			M16 x 55	
208.8	250	218	140	190	176	18	5 -0,2	24			0,06	8			M18 x 60	
250.8	285	245	175	214	199	20	6 -0,5	30			0,06	8			M20 x 70	
285.8	315	280	175	247	231	22	6 -0,5	31			0,06	8			M22 x 75	
315.8	350	310	220	277	261	25	7 -0,5	30			0,06	10			M22 x 80	
350.8	390	345	250	308	290	32	7 -0,5	36			0,06	10			M24 x 100	
390.8	435	385	280	342	320	40	8 -0,5	40			0,06	10			M27 x 120	
Фланец Q																
208.8	225	196	105	171	159	20	4 -0,2	25	32	9,5	0,06		8		M16 x 65	
250.8	250	218	105	190	176	25	5 -0,2	25	40	13	0,06		8		M18 x 75	
285.8	285	245	125	214	199	27	6 -0,5	26	40	15,5	0,06		8		M20 x 80	
315.8	315	280	130	247	231	32	7 -0,5	31	40	15,5	0,06		10		M22 x 95	
350.8	350	310	155	277	261	35	7 -0,5	30	50	16,5	0,06		10		M22 x 100	
390.8	390	345	170	308	290	40	7 -0,5	40	70	18,5	0,06		10		M24 x 120	
440.8	435	385	190	342	320	42	9 -0,5	38	80	20,5	0,1		16		M27 x 120	
490.8	480	425	205	377	350	47	11 -0,5	46	90	23	0,1		16		M30 x 140	
550.8	550	492	250	444	420	50	11 -0,5	40	100	23	0,1		16		M30 x 140	
Фланец Н																
208.8	225	196	180	171	159	20		25			18			4	M16 x 65	
250.8	250	218	200	190	175	25		25			20			4	M18 x 75	
285.8	285	245	225	214	199	27		26			21			4	M20 x 80	
315.8	315	280	250	247	230	32		31			23			4	M22 x 95	
350.8	350	310	280	277	261	35		30			24			6	M22 x 100	
390.8	390	345	315	308	290	40		40			25			6	M24 x 120	
440.8	435	385	345	342	322	42		36			28			6	M27 x 120	
490.8	480	425	370	377	350	47		36			31			8	M30 x 130	
550.8	550	492	440	444	420	50		40			32			8	M30 x 140	

Размеры указаны в миллиметрах.

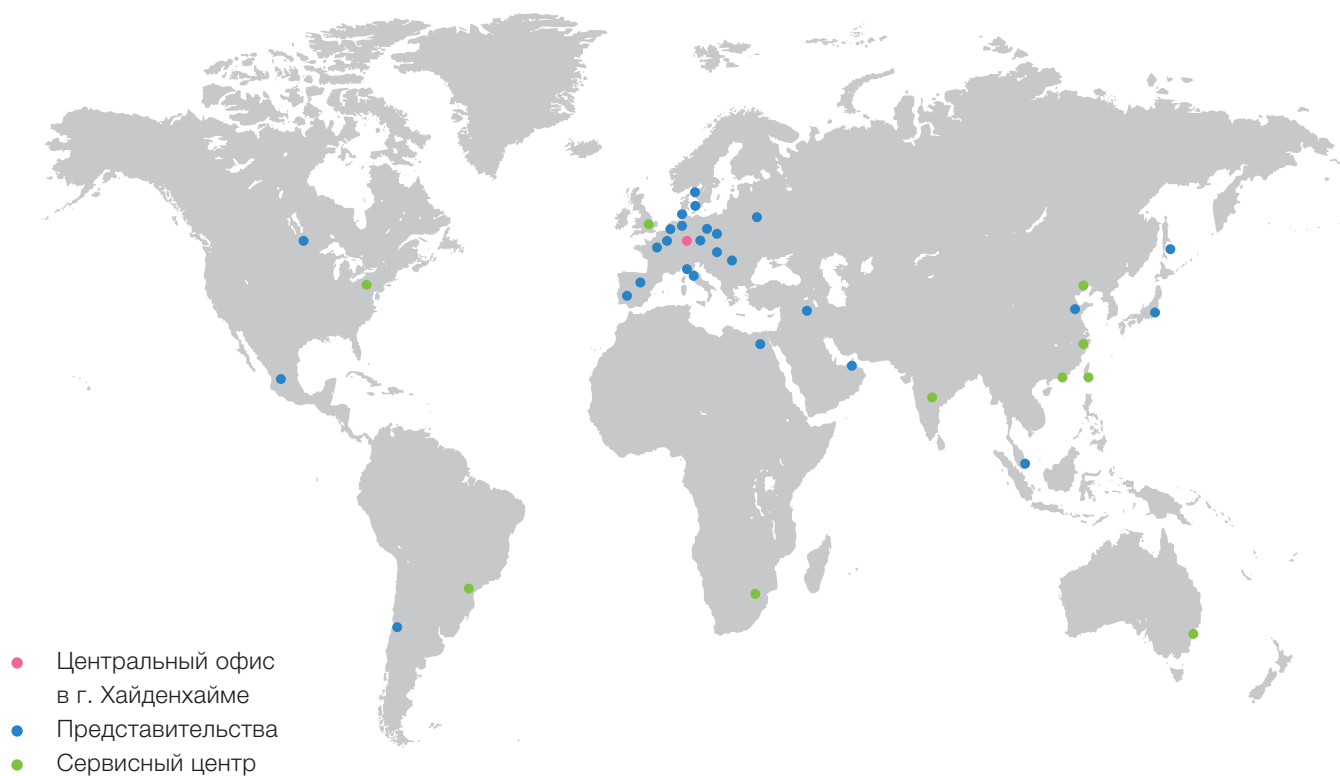
		Резьбовое соединение с зажимной втулкой (В)				
6	7	8	9	10	11	12
M_A [Н·м]	ЕВ	z	n Болт	o Втулка	p Шайба	M_A [Н·м]
7	нет					
13	нет					
13	нет					
31	нет					
31	нет					
63	нет					
63	нет					
109	нет					
109	нет					
109	нет					
175	нет					
265	нет	4	M12 x 60	21 x 28	13	82
265	да	4	M12 x 60	21 x 28	13	82
365	нет	4	M14 x 70	25 x 32	15	130
515	нет	4	M16 x 75	28 x 36	17	200
695	да	4	M16 x 80	30 x 40	17	200
695	да	4	M18 x 90	32 x 45	19	274
890	нет	4	M18 x 110	32 x 60	19	274
1 310	нет	4	M20 x 110	35 x 60	21	386
265	нет					
365	нет					
515	нет					
695	нет					
695	нет					
890	нет					
1 310	нет					
1 780	нет					
1 780	нет					
265	нет					
365	нет					
515	нет					
695	нет					
695	нет					
890	нет					
1 310	нет					
1 780	нет					
1 780	нет					

Обозначение	Объяснение	Примечание	Дополнительная информация
a	Диаметр фланца		
b	Диаметр окружности центров отверстий		
c	Центрирующий диаметр		
f_a	Диаметр фланца со стороны болтов		
f_g	Диаметр фланца со стороны гаек		
g	Толщина фланца		
t	Глубина центровки в соединительном фланце		
v	Расстояние от поверхности прилегания гайки до конца болта с шестигранной головкой		
x	Ширина торцевой шпонки		соединительных фланцев карданных валов с торцевой шпонкой
y_a	Глубина торцевой шпонки		соединительных фланцев карданных валов с торцевой шпонкой
Z₁	Вращение без торцевого биения	1	Допустимые величины отклонений от вращения без торцевого Z ₁ и радиального биений Z ₂ при числе оборотов менее 1 500 об/мин. При рабочем числе оборотов от 1 500 об/мин до 3 000 об/мин значения уменьшаются наполовину!
Z₂	Вращение без радиального биения		
m	Болт с шестигранной головкой согласно ISO 4014 / 4017-10.9 или DIN 931-10.9 с шестигранной гайкой согласно DIN 985-10	2	z шт. на один соединительный фланец в стандартном исполнении
		3	z шт. на один соединительный фланец с торцевой шпонкой
		4	z шт. на один соединительный фланец с торцевым зубчатым зацеплением
		5	Размер болта с шестигранной головкой с гайкой
		6	Момент затяжки при коэффициенте трения $\mu = 0,12$ и 90 %-ном использовании предела текучести
m_{min}	Минимальная длина установочного пространства болтов		Длина болта с шестигранной головкой m, включая высоту шестигранной головки
ЕВ	Возможность установки	7	Возможность установки болта со стороны шарнира; если невозможно установить болты с шестигранной головкой со стороны шарнира или со стороны соединительного фланца, необходимо использовать установочные штифты.
n	Болт с шестигранной головкой согласно ISO 4014 / 4017-10.9 или DIN 931-10.9 с шестигранной гайкой согласно DIN 985-10	8	z шт. на один соединительный фланец
		9	Размер болта с шестигранной головкой с гайкой
		12	Момент затяжки при коэффициенте трения $\mu = 0,12$ и 90 %-ном использовании предела текучести
o	Зажимная втулка	10	Наружный диаметр x длина зажимной втулки [мм x мм]
p	Шайба	11	Внутренний диаметр шайбы [мм]



Сервисный центр для обслуживания карданных валов в Китае

Производственные площадки по всему миру



9 Сервисное обслуживание

Для нас сервис — это качество и надежность, превосходящие ожидания наших клиентов.

Мы поддерживаем вас по всему миру и на протяжении всего срока эксплуатации вашего оборудования. Вы можете рассчитывать на нас, начиная с этапа планирования до ввода в эксплуатацию и технического обслуживания. Сервисное обслуживание карданных валов Voith повышает коэффициент использования и продлевает срок службы оборудования.

Сервисное обслуживание карданных валов Voith



9.1 Монтаж и ввод в эксплуатацию

Профессиональный монтаж карданного вала является основой ввода в эксплуатацию без осложнений.

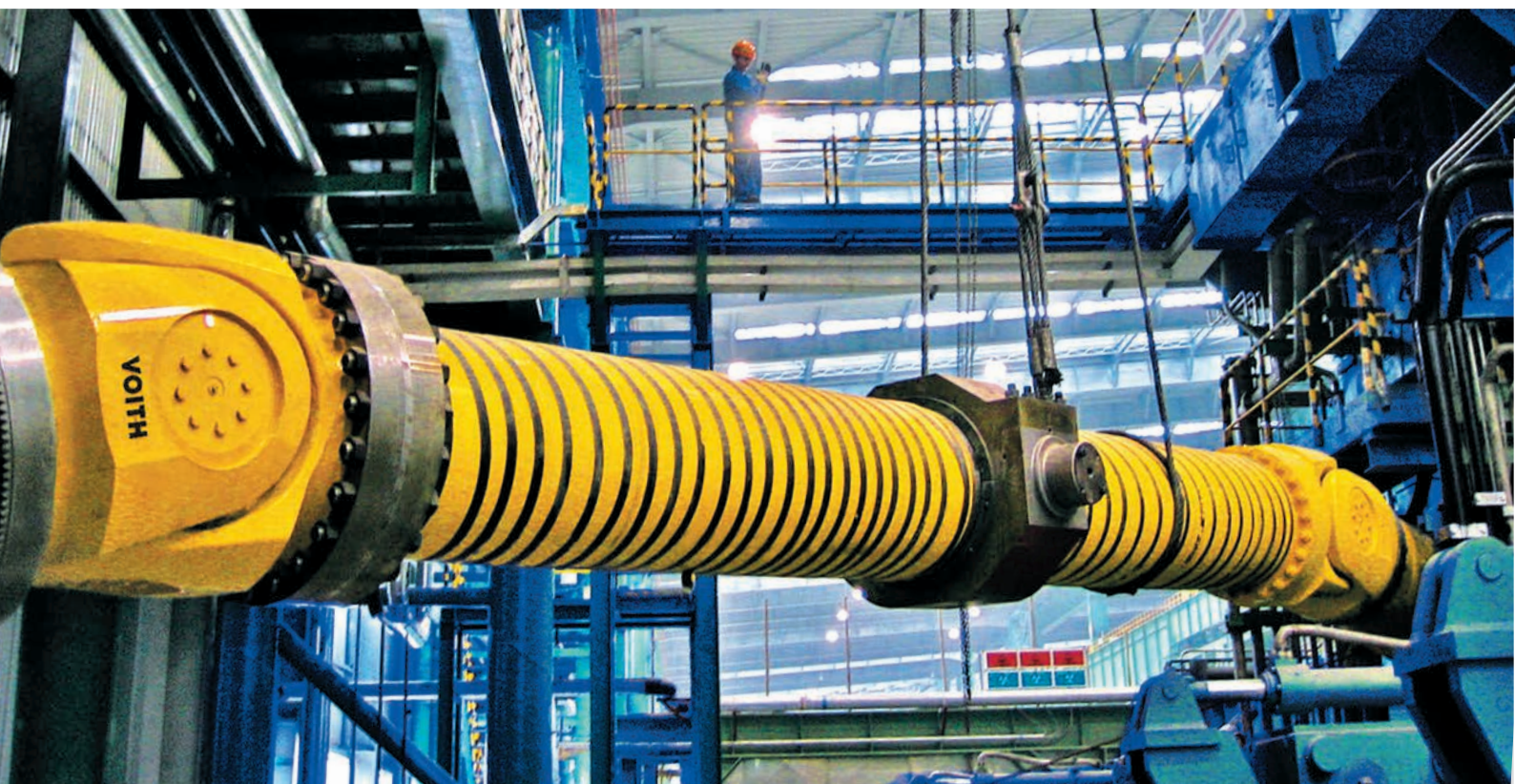
Систематический ввод в эксплуатацию со всесторонними эксплуатационными испытаниями — важное условие надежной и многолетней эксплуатации карданного вала и всей установки.

Наши услуги

- Монтаж и ввод в эксплуатацию силами наших специалистов по обслуживанию.
- Инструктаж обслуживающего персонала.

Ваша выгода

- + Немедленный доступ к экспертным ноу-хау на протяжении всего начального этапа
 - + Обеспечение профессионального ввода карданного вала в эксплуатацию без осложнений
-



9.2 Обучение

Важными факторами успешной работы оборудования являются эффективность и готовность. Условием для этого является наилучшим образом подготовленный технический и ремонтный персонал. Обучение и повышение квалификации — это выгодное капиталовложение в эффективную эксплуатацию карданного вала.

Наши программы обучения нацелены на передачу специальных знаний об изделиях. Мы познакомим Ваш персонал с новейшими разработками техники Voith на практике и в теории.

Наши услуги

- Обучение эксплуатации изделий в нашем офисе или на месте на предприятии клиента.
- Обучение техническому обслуживанию и ремонту в теории и на практике.

Ваша выгода

- + Безопасная работа с изделиями Voith
 - + Предотвращение ошибок эксплуатации и обслуживания
 - + Наилучшее понимание технологии Voith в линии приводов
-



9.3 Оригинальные запасные части Voith

Не рискуйте, а применяйте только оригинальные запасные и быстроизнашивающиеся части. Только они изготовлены с применением наших ноу-хау и обеспечивают надежную и безопасную работу изделий Voith.

Высокая готовность в сочетании с безупречной логистикой обеспечивают быструю поставку частей в любую точку мира.

Наши услуги

- Хранение большинства оригинальных запасных и быстроизнашивающихся частей на складах наших сервисных филиалов
- Отправка хранящихся на складе деталей (при заказе до 11 часов) в тот же день
- Консультирование по вопросам управления резервом запасных частей
- Составление комплектов запасных и быстроизнашивающихся частей для проекта
- Запасные части для старших поколений карданных валов Voith

Ваша выгода

- + Безопасная и надежная работа всех компонентов
 - + Высочайшее качество и точность посадки всех деталей
 - + Максимальная долговечность всех элементов привода
 - + Гарантия производителя
 - + Высокая готовность оборудования
 - + Быстрая поставка запасных частей
-

Крестовины карданного шарнира



Фланцевая вилка



9.4 Капитальный и текущий ремонт

При непрерывной эксплуатации карданные валы подвержены естественному и обусловленному окружающей средой износу.

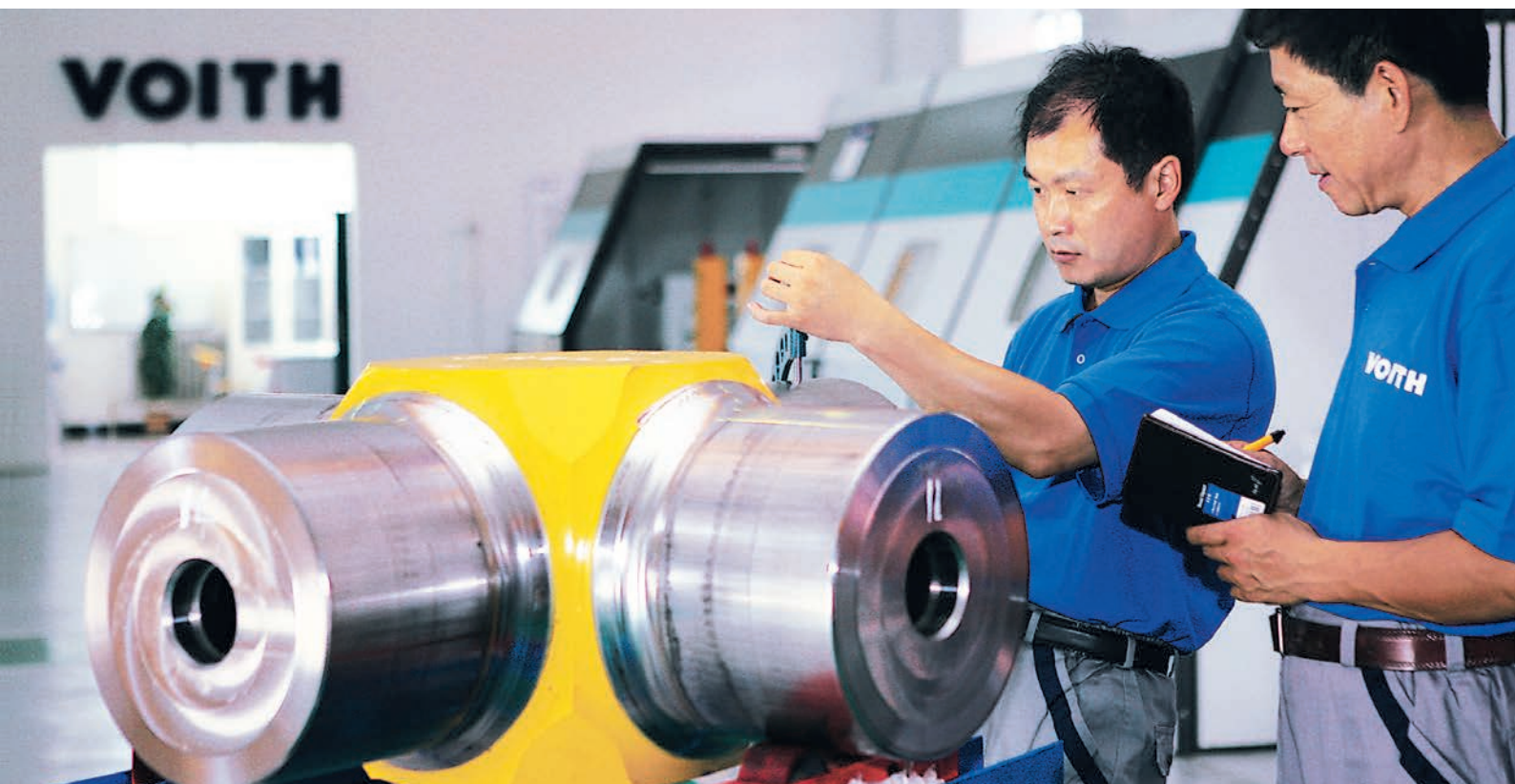
Профессиональный регулярный капитальный ремонт карданного вала предотвращает повреждение и сводит к минимуму риски, связанные с дорогостоящим простоем производства. Это гарантирует эксплуатационную надежность и долгосрочную экономию средств.

Наши услуги

- Ревизия или капитальный ремонт силами наших специалистов по техническому обслуживанию с использованием всех необходимых инструментов и приспособлений.
- Предоставление всех оригинальных запасных и быстроизнашивающихся частей.
- Консультирование при выработке стратегии ремонта.

Ваша выгода

- + Безопасность благодаря профессиональному ремонту
 - + Гарантия производителя
 - + Повышенная готовность оборудования
-



9.5 Ремонт, восстановление

Даже при самой лучшей профилактике незапланированные простои оборудования и отказы полностью исключить невозможно. В этом случае необходим быстрый ремонт машины и оборудования.

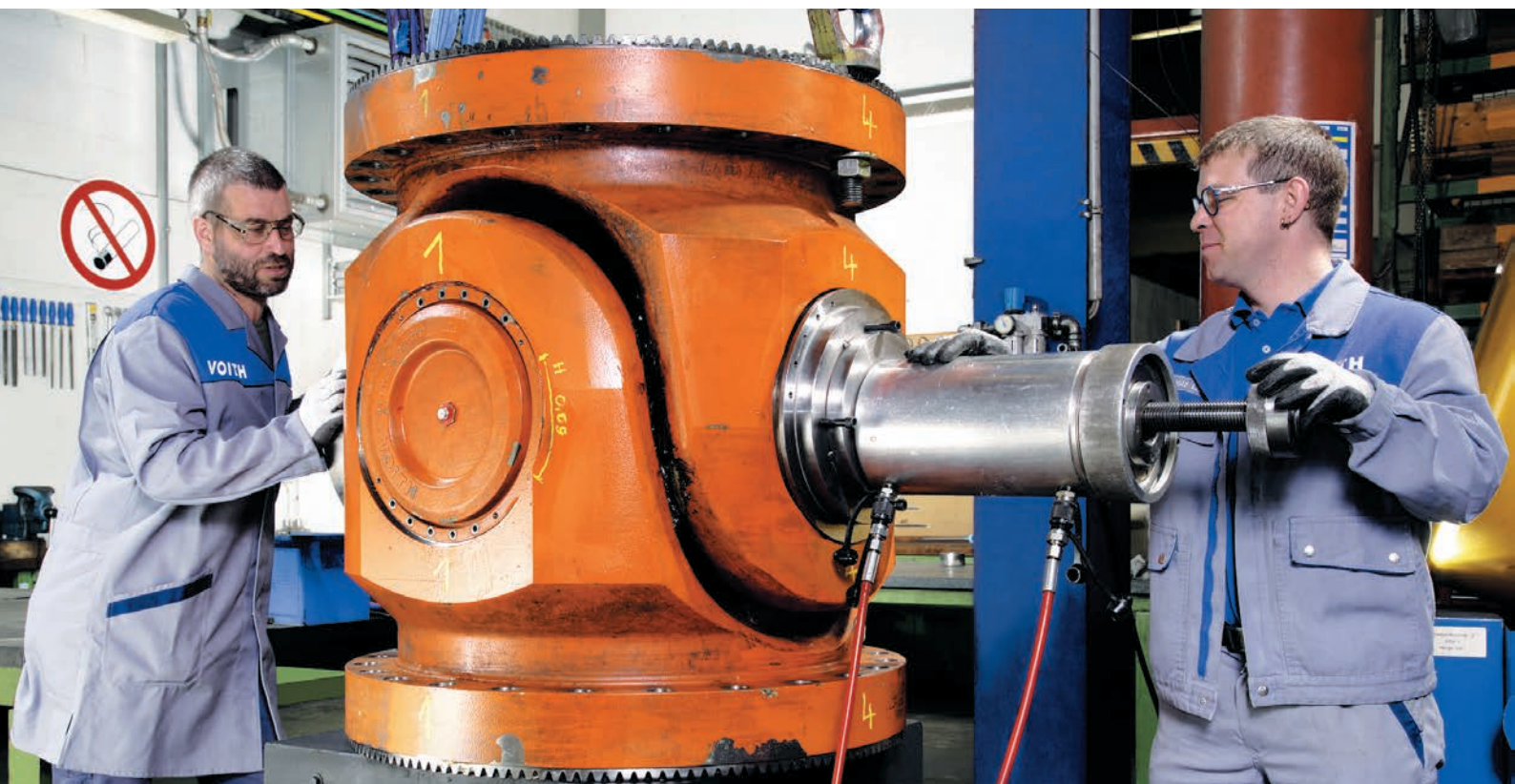
Как производитель, мы не только во всех подробностях знаем карданные валы, но и располагаем необходимыми профессиональной компетенцией, опытом и инструментами для проведения профессионального ремонта. Наши инженеры-эксплуатационники могут в кратчайшие сроки определить неисправность и представить предложения по скорейшему ее устранению.

Наши услуги

- Профессиональный и быстрый ремонт по нашим стандартам безопасности на месте на предприятии клиента или в одном из сертифицированных головной компанией сервисных центров, расположенных по всему миру
- Компетентная оценка повреждений с помощью анализа слабых мест
- Быстрая поставка оригинальных запасных частей

Ваша выгода

- + Безопасность благодаря профессиональному ремонту
- + Гарантия производителя
- + Максимальное сокращение времени простоев
- + Предотвращение повторных отказов и неисправностей



9.6 Модернизация, модификация

Техника движется вперед, и иногда условия, исходя из которых проектировалось оборудование, на практике изменяются.

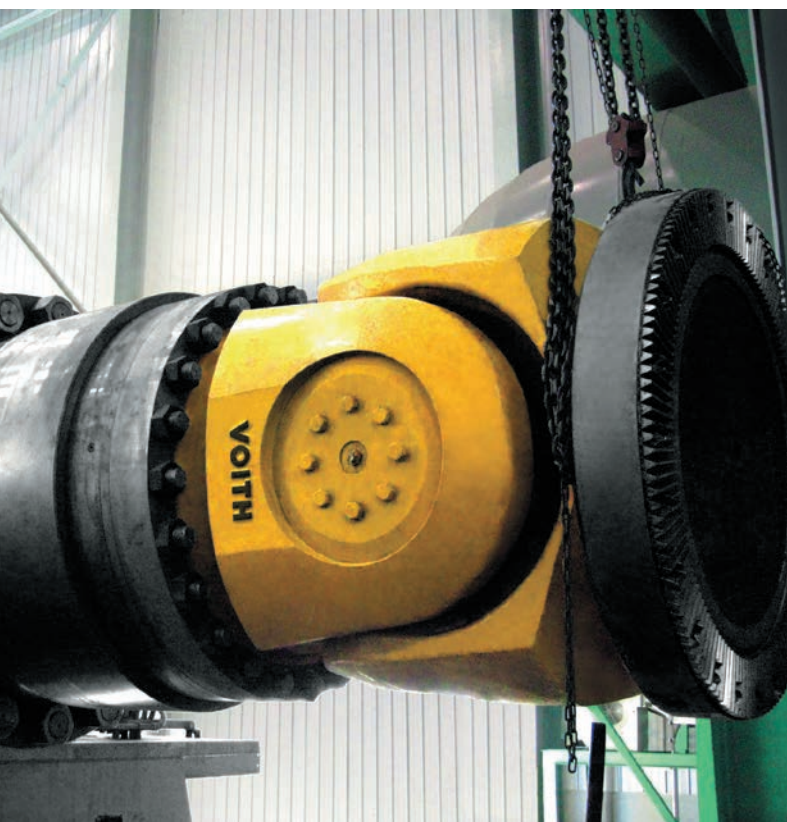
Продукция компании Voith позволяет вам значительно повысить эффективность и надежность оборудования благодаря индивидуальной модернизации или переоснащению старых элементов привода, например, шпинделей с плоскими цапфами. Мы анализируем, консультируем и приводим карданные валы, включая соединительные детали, в соответствии с самым современным уровнем развития техники и стандартом экономичности.

Наши услуги

- Модификация или перепроектирование карданных валов и соединительных деталей
- Компетентные консультации относительно возможностей модернизации, включая расчет линии приводов

Ваша выгода

- + Повышение надежности, готовности и экономичности привода
 - + Снижение производственных затрат
 - + Соответствие карданных валов новейшим достижениям техники
-



9.7 Проверка готовности

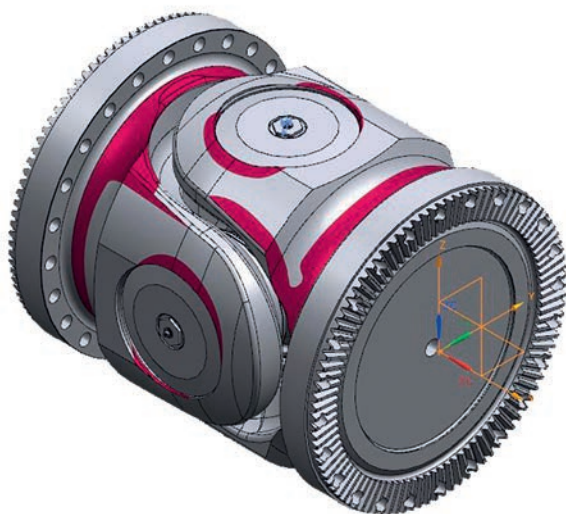
Для того чтобы с максимальной точностью оценить состояние вашей установки и всей системы предприятия, необходимо периодически и при сравнимых условиях выполнять проверку готовности.

Наша проверка готовности позволяет увеличить работоспособность и срок службы вашей системы.

Пример: визуальный осмотр фланцевой вилки на наличие трещин

Области, подвергаемые визуальному осмотру на наличие трещин, обозначены красным – зоны с высокой нагрузкой.

При необходимости – проведение дополнительной цветной дефектоскопии.



Наши предложения

- Визуальный осмотр
- Средняя часть: визуальный осмотр на наличие трещин в критических областях, в случае необходимости
- Проверка состояния соединений - визуальный осмотр на наличие трещин на фланце
 - Проверка состояния подшипников.
 - Проверка состояния смазки.
- Проверка состояния торцевой втулки, размерное испытание. Визуальный осмотр на наличие трещин
- Проверка момента затяжки соединительных болтов фланцев
- Проверка уплотнения хвостового зубчатого соединения
- Дополнительная смазка соединений и области скольжения (если вал имеет участок для компенсации длины)
- Проверка состояния запасных валов на складе
- Рекомендации

Ваши преимущества

- + Вышеуказанные процедуры проверки позволяют **точно оценить состояние установленных карданных валов**
Риск отказов сведен к минимуму
 - + **Экспертное заключение непосредственно от производителя**
 - + **Визуальная оценка на основе решений от производителя**
 - + **Компетентность и опыт в выполнении диагностики**
 - + **Тесное сотрудничество между оператором и производителем**
 - + **Регулярное предоставление информации о современном техническом состоянии наших продуктов**
 - + **Регулярные проверки готовности позволяют свести к минимуму риск дорогостоящих простоев**
-

10 Услуги и сопутствующие изделия

10.1 Технические разработки

Мы предлагаем не только изделия, но и идеи. Воспользуйтесь преимуществами нашего многолетнего ноу-хау во всех вопросах проектирования линий приводов: начиная с планирования и расчетов, монтажа и ввода в эксплуатацию и заканчивая решением вопросов оптимизации затрат на эксплуатацию и концепциями технического обслуживания.

Услуги по выполнению технических разработок

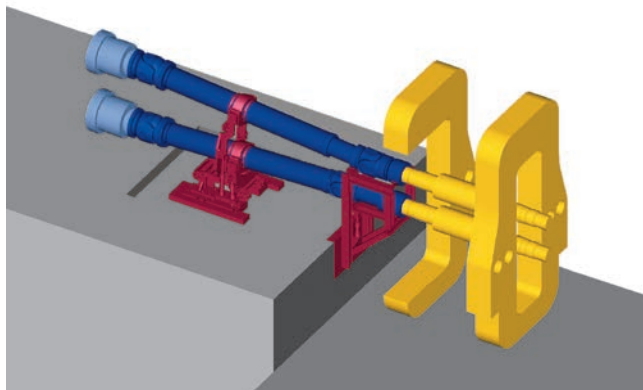
- Составление спецификаций (технического задания)
- Выполнение чертежей по проекту
- Расчеты крутильных и изгибных колебаний
- Расчет и определение параметров карданных валов и соединительных компонентов
- Определение специальных требований эксплуатирующей организации
- Составление инструкций по монтажу и техническому обслуживанию
- Документация и сертификаты
- Специальная приемка организациями, специализирующимися на классификации и сертификации

Специальные карданные валы.

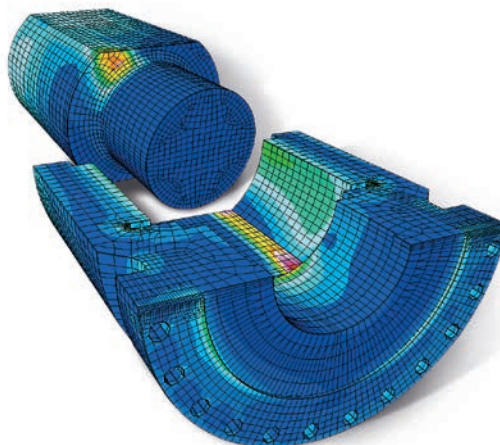
Конструирование специальных карданных валов, адаптированных к приводу и условиям эксплуатации, входит в число наших повседневных инженерных услуг. К этим услугам также относятся:

- все необходимые конструкторские работы.
- испытание конструкции на прочность и ее оптимизация с помощью конечноэлементного анализа.
- исследования надежности с помощью динамических испытаний на испытательном стенде.

Проектирование линии приводов с помощью программного обеспечения САПР



Конечноэлементный анализ рабочего вала с соединительным треном в разрезе (рис.: шейка вала и половина тренофа)



10.2 Соединительные детали для карданных валов

Примеры соединительных деталей со стороны привода и со стороны отбора мощности к карданному валу, надежно передающих крутящий момент:

- Треф
- Соединительные фланцы
- Переходные фланцы
- Адаптеры

Применение

- Прокатные станы
- Бумагоделательные машины
- Насосы
- Общее машиностроение
- Испытательные стенды
- Строительные машины и краны

Характеристики

- Индивидуальная подгонка ко всем смежным конструктивным элементам
 - Изготовление точно подогнанных деталей с помощью современных обрабатывающих центров
 - Передача наивысшего крутящего момента благодаря применению высококачественных материалов
 - Высокая износостойкость за счет закаленных поверхностей контакта.
-

Соединительные детали для прокатных станов для соединения карданного вала с валками (так называемый треф)



10.3 FlexPad

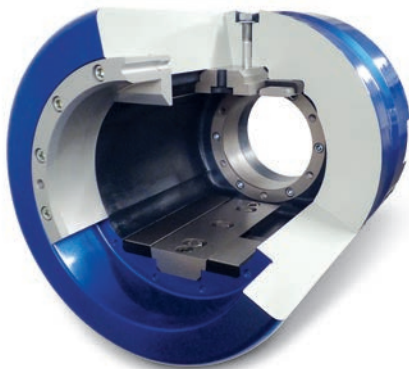
Накладки на трепф FlexPad фирмы Voith значительно снижают степень износа корпуса ступицы и тем самым повышают ее срок службы.

В отличие от обычных стальных изнашиваемых пластин накладки на трепф FlexPad имеют плоскостной контакт, который обеспечивается малоупругими контактными поверхностями FlexPad между ступицей трепфа и цапфой вала. Уже при незначительной нагрузке линейный контакт переводится в плоскостной контакт, что уменьшает локальные пики напряжения. Ступица трепфа защищена от чрезмерных нагрузок, поэтому меньше изнашивается. Кроме того, изнашиваемые планки включены в неметаллический слой, поэтому отсутствует контакт металла с металлом, а соединительная ступица оптимально защищена от истирания.

Накладки на трепфы FlexPad обеспечивают надежную и безопасную эксплуатацию. Замена накладок осуществляется в рамках запланированных перерывов на техническое обслуживание. Отпадает необходимость в частом и дорогостоящем демонтаже трепфа, общий срок службы ступицы трепфа увеличивается в несколько раз.

С учетом всех расходов на эксплуатацию узла, состоящего из цапфы вала и приводного вала (общие эксплуатационные расходы), накладка FlexPad помогает снизить затраты в среднем на 20 %.

Voith FlexPad



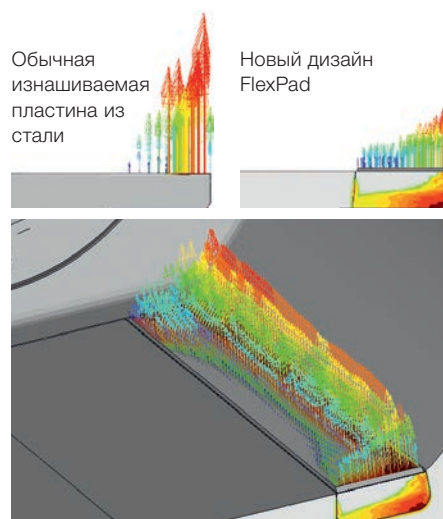
Характеристики

- 100 % совместимость с установленными механическими интерфейсами
- Возможность адаптации к любой геометрии цапфы вала по спецификации заказчика
- Простая и быстрая замена FlexPad
- Замена FlexPad прямо с лесов вала (не нужно демонтировать трепф)

Преимущества

- + Многократное увеличение срока службы ступицы трепфа по сравнению с традиционными конструкциями
- + Бесперебойная работа за счет отсутствия высоконагруженных резьбовых соединений
- + Нет необходимости в проведении дорогостоящей доработки ступицы трепфа
- + Сокращение динамических эффектов по всей трансмиссии за счет амортизирующего свойства слоя Flex
- + Постоянное поддержание небольшого эксплуатационного зазора
- + Снижение эксплуатационных расходов

Распределение давления контакта



10.4 Быстроразъемное соединение GT

В результате изобретения быстроразъемного соединения GT получился очень эффективный соединительный элемент. Муфта GT позволяет быстро выполнять монтаж и демонтаж самых разных соединений валов в машине. Благодаря этому заметно сокращается время простоя при техническом обслуживании и ремонте.

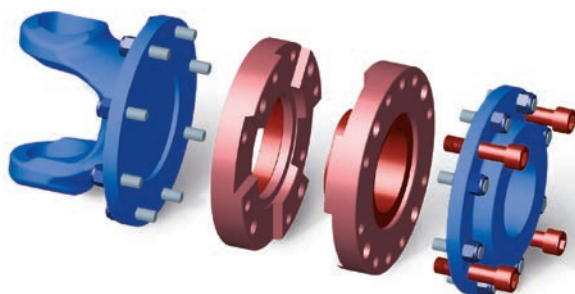
Применение

- Приводы, требующие быстрой замены соединительных элементов с точным центрированием, например карданные валы и многодисковые муфты.
- Соединения валков и цилиндров, например, в бумагоделательных машинах.

Характеристики

- Передача крутящего момента с геометрическим замыканием с помощью зацепления с кулачками
- Простой и быстрый монтаж и демонтаж
- Компактный конструктивный элемент
- Всего два основных элемента
- Возможно исполнение из высокосортной стали

Принципиальная схема быстроразъемного соединения GT



Карданный вал с кольцом быстроразъемного соединения GT



10.5 Торцевое зубчатое зацепление Хирта (разработка Voith)

Торцевые зубчатые зацепления Хирта от Voith с заданными диаметрами передают наиболее высокие крутящие моменты.

Применение

- Карданные валы с высокими требованиями к крутящему моменту.
- Соединительные фланцы для карданных валов (в том числе по заказу клиента).
- Металлообрабатывающее оборудование
- Турбокомпрессор
- Измерительная техника
- Робототехника
- Ядерная техника
- Медицинская техника
- Общее машиностроение

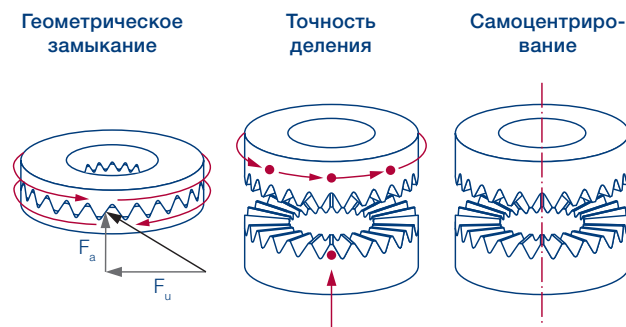
Характеристики

- Передача высоких крутящих моментов благодаря тому, что поверхности клиньев передают значительную часть окружного усилия с геометрическим замыканием. Лишь незначительную часть осевого усилия принимают на себя болтовые соединения
- Самоцентрирование за счет геометрически оптимизированной фасонной обработки зубьев
- Высокая износостойкость благодаря тому, что большая часть нагрузки принимается боковыми поверхностями зубьев
- Очень высокая точность воспроизведения за счет действия шлицевого соединения

Фланец карданного вала с торцевым зубчатым зацеплением Хирта



Основные функции зубчатого зацепления Хирта



10.6 Опоры карданных валов

Опоры карданных валов (шпиндельная опора) и опоры держателей тремов поддерживают и позиционируют карданные валы, включая тремы и соединительные фланцы.

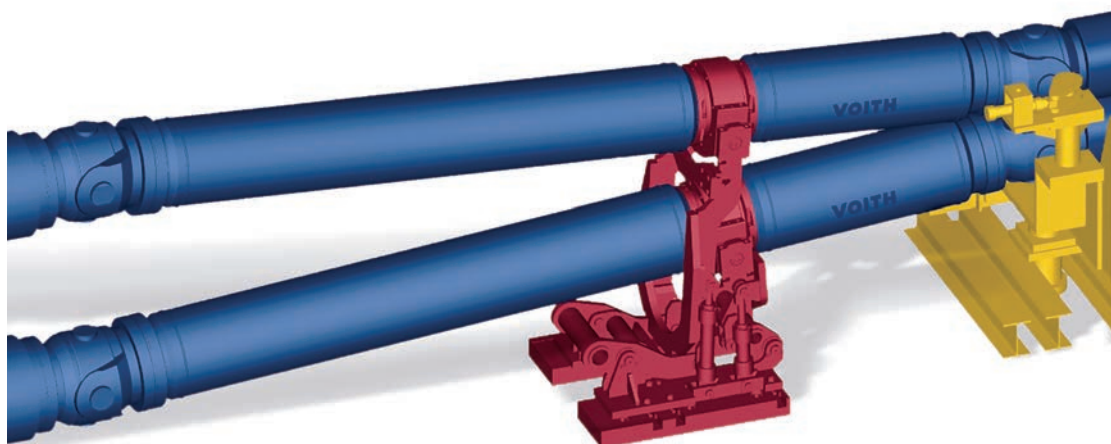
Применение

- Прокатные станы
- Приводы в исполнении по заказу клиента

Характеристики

- Повышение производительности и готовности оборудования за счет заметного сокращения простоев при техническом обслуживании
 - Экономия энергии и снижение затрат на смазочные материалы, обусловленные КПД линии приводов, повышенным за счет подшипника качения
 - Низкий износ благодаря равномерной передаче мощности
-

Опора карданного вала (красная) и держатель трема (желтый)



10.7 Карданные валы с деталями из композиционного материала, армированного углеродным волокном (углепластика)

Карданные валы с компонентами из углепластика повышают эффективность и мощность машин и оборудования. Использование углепластика в производстве карданных валов уменьшить их массу, колебания, деформации и расход энергии. Мы предлагаем ноу-хау не только в области приводной техники, но и производственно-технические ноу-хау для деталей из углепластика — все от одного поставщика.

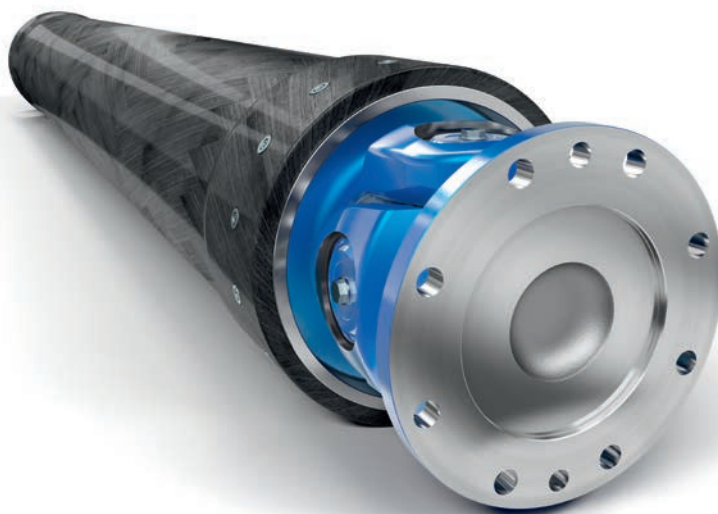
Применение

- Длинные линии приводов без промежуточных подшипников
- Приводы с небольшой массой
- Приводы с оптимизированной вибрационной характеристикой
- Насосы
- Водный транспорт
- Рельсовый транспорт
- Общее машиностроение

Характеристики

- В зависимости от требований карданные валы с углепластиковой трубой или средней частью, выполненной из цельного углепластика
 - Снижение нагрузки за счет небольшой массы
 - Высокая плавность хода и низкий износ при колебаниях благодаря высокой жесткости
 - Низкие моменты ускорения и замедления благодаря низкому моменту инерции массы
-

Карданный вал с углепластиковой трубой





Voith WearCare 500 в упаковках
по 45 и 180 кг

10.8 Высокоэффективная смазка для карданных валов

Инженеры-разработчики Voith объединили ноу-хау в области карданных валов с ноу-хау в области трибологии известных производителей подшипников и смазочных материалов. В результате этого сотрудничества создан инновационный и эксклюзивный смазочный материал, по своим характеристикам намного превосходящий тра-

диционные смазки. Это позволяет значительно продлить срок службы подшипников в медленно вращающихся карданных валах для больших нагрузок. Кроме того, продлеваются интервалы смазки и значительно улучшается аварийная антизадирая способность.

Характеристики высокоэффективного смазочного материала Voith WearCare 500

Оптимальные адгезионные свойства и смачивание поверхности

Отличная защита от коррозии

Высочайшая стойкость под давлением

Оптимальное и устойчивое в течение длительного времени смазочное действие

Смешиваемость с консистентными смазками на основе литиевого мыла

Высокое сопротивление старению

Наилучшая совместимость со всеми компонентами подшипников

Без содержания силикона и меди

Преимущества

- + Смазочная пленка даже при недостаточной смазке
- + Согласованность с колебательными движениями подшипника
- + Идеальный выбор для прокатных станов
- + Гидродинамическая смазочная пленка даже при максимальных крутящих моментах
- + Минимальный абразивный износ подшипника
- + Продление интервалов смазывания
- + Сокращение эксплуатационных расходов
- + Простой переход на высокоэффективную смазку Voith
- + Длительная стойкость при хранении
- + Отсутствие размягчения уплотнений подшипников
- + Отсутствие коррозии цветных металлов
- + Подходит для алюминиевых прокатных станов

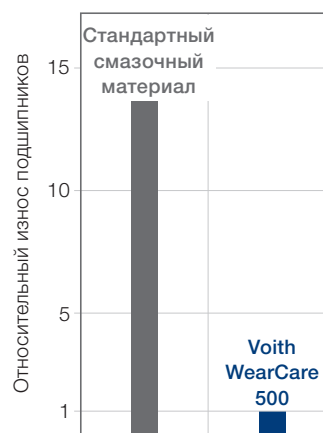
Испытание в полевых условиях

Металлические частицы в смазке подшипника высокопроизводительного карданного вала в главном приводе прокатного стана



Испытание на испытательном стенде FE8

Износ упорного подшипника с цилиндрическими роликами



10.9 Предохранительные муфты SafeSet

Муфта SafeSet — это предохранительная муфта, ограничивающая крутящий момент, которая в случае перегрузки немедленно прерывает передачу мощности в линии приводов, предохраняя от повреждения такие компоненты, как двигатель, редуктор, карданные валы и т. п.

Размещение предохранительной муфты между шарнирами, специальное интегрированное исполнение Voith, обеспечивает меньший угол изгиба шарнира и, таким образом, более длительный срок службы.

Применение

- Защита линии приводов от перегрузки
- Прокатные станы
- Шредеры
- Цементные мельницы
- Сахарные мельницы
- Тяговые приводы

Характеристики

- Регулируемый отключающий момент
- Отсутствие временных изменений отключающего момента
- Передача мощности без зазора
- Компактная и легкая конструкция
- Низкий момент инерции массы
- Минимальные затраты на обслуживание

Трехмерный разрез предохранительной муфты SafeSet типа SR-C



Ограничивающие крутящий момент предохранительные муфты SafeSet (синие), встроенные в высокопроизводительные карданные валы Voith



10.10 Системы контроля крутящего момента ACIDA

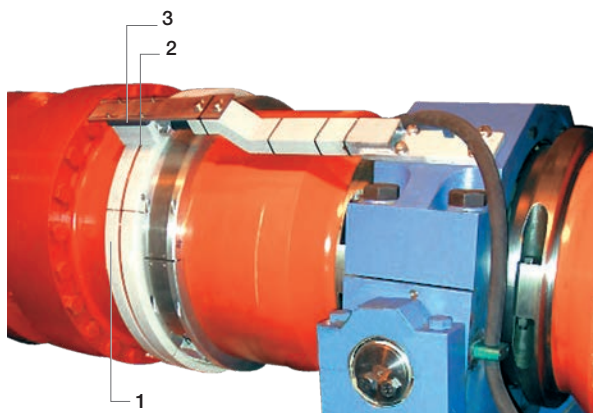
Системы контроля крутящего момента ACIDA лучше всего зарекомендовали себя при контроле карданных валов.

Непосредственное измерение фактической механической нагрузки на привод дает важную информацию для наблюдения за процессом и для оптимизации оборудования. Анализирующие модули, например модули суммарной нагрузки или наблюдения в течение всего срока службы, разработаны специально для сверхтяжелых приводов и экстремальных нагрузок. Среди прочих опций — онлайн-диагностика колебаний редукторов и подшипников качения.

Применение

- Контроль крутящего момента
- Контроль колебаний
- Оптимизация процесса
- Текущий ремонт, ориентированный на техническое состояние
- Показательные объекты: прокатные станы, цементные мельницы, брикетные установки, мешалки, подъемные машины, судовые приводы, приводы железнодорожного транспорта, бумагоделательные машины, горнопромышленное оборудование и т. д.

Система бесконтактного контроля крутящего момента



1 Ротор: тензометрический датчик (DMS) и телеметрия; без модификации привода

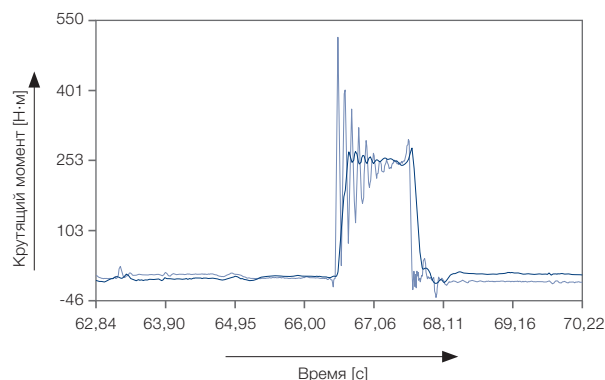
2 Воздушный зазор: ротор и статор не соприкасаются

3 Статор: прием сигнала и индуктивная подача энергии

Характеристики

- Постоянные или временные датчики крутящего момента
- Системы контроля как комплексные решения, включая аппаратное и программное обеспечение
- Генератор отчетов с автоматическим анализом, оповещением и отчетами
- Телекоммуникационный сервис с экспертной поддержкой

Система контроля ACIDA в сравнении



Голубой: Система контроля ACIDA измеряет крутящий момент с высокой точностью и динамикой.

Темно-синий: Традиционные системы измеряют, например, ток двигателя или гидравлическое давление с недостаточной динамикой сигнала.



11 Интегрированная система управления

Экономичность, надежность, экологическая совместимость и безопасность изделий и услуг имеют первостепенное значение для нашего предприятия. Для того чтобы обеспечить выполнение этих требований как сегодня, так и в будущем, компания Voith ввела интегрированную систему управления качеством, защитой окружающей среды и охраной труда на предприятии.

Для клиентов это означает, что они получают высококачественное оборудование, которое изготавливается, содержится и получает должный уход в безопасных рабочих и экологических условиях.



- 1 Сертификаты для систем управления в соответствии со стандартом ISO 9001: 2000 (качество), ISO 14001: 2000 (экология) и OHSAS 18001: 1999 (охрана труда и здоровья)
- 2 Фланцевая вилка высокопроизводительного карданного вала на трехмерной координатно-измерительной машине

11.1 Качество

- Для обеспечения качества в нашем распоряжении имеются новейшие трехмерные координатно-измерительные машины.
- Для выполнения безупречных сварных швов мы проводим рентгеновскую дефектоскопию.
- Мы предлагаем нашим клиентам ряд услуг по сертификации и аттестации в зависимости от изделий и применения.
- Производственные и монтажные приспособления проходят регулярный контроль.
- Средства измерения и контроля, связанные с обеспечением качества, подлежат регулярным проверкам.
- Методы сваривания аттестованы в соответствии с ISO 3834-2. Персонал аттестован в соответствии с EN 287, а сварочное оборудование подвергается контролю.
- Сотрудники, проводящие неразрушающий контроль, аттестованы в соответствии с ASNT-C-1A или EN 473.

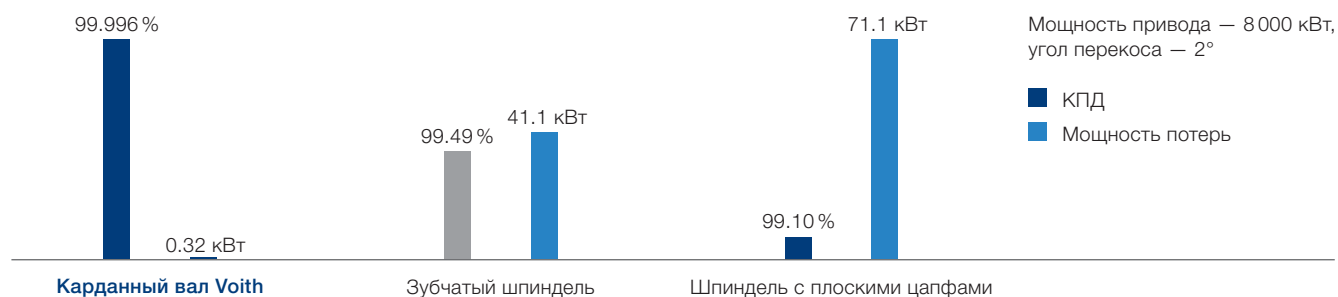


11.2 Экология

- В карданных валах Voith применяются герметизированные подшипники качения. Это дает два значительных преимущества при применении наших карданных валов по сравнению с плоскими цапфами или зубчатыми шпинделями:

1. Благодаря герметизации значительно снижается расход смазочных материалов.
2. КПД повышается, поскольку трение качения значительно ниже трения скольжения. При этом снижается выброс CO_2 и обеспечивается защита окружающей среды.

КПД и мощность потерь главного привода прокатного стана





1 Сотрудник покрывает подшипник качения высокоэффективным смазочным материалом Voith WearCare 500

2 Карданные валы Voith проходят окончательную обработку на современной лакировальной установке

11.3 Охрана труда и здоровья

- Для нанесения покрытия на карданные валы в распоряжении сотрудников Voith имеются новейшие лакировальные установки, соответствующие требованиям в отношении охраны труда и защиты окружающей среды.
- Электростатическое нанесение лакового покрытия сокращает потери при разбрызгивании.
- Вытяжное устройство устраняет туман, возникающий при разбрызгивании.
- Установка очистки отработанного воздуха с комбинированной рекуперацией тепла снижает воздействие на человека и окружающую среду.



St. Poeltener Str. 43
89522 Heidenheim, Germany

Контакт:

Тел. +7 495 780 52 29

+7 495 780 52 30

+7 495 780 52 31

voithmoscow@voith.com

www.voith.com/universal-joint



VOITH