

# Рельсовые направляющие и ШВП





## Рельсовые направляющие качения

I. Характеристики рельсовых направляющих SBC .....	A-2
II. Расчет уровня нагрузки и срока службы .....	A-11
III. Трение .....	A-12
IV. Монтаж .....	A-13
V. Расчет допустимых нагрузок .....	A-20
VI. Расчет срока службы .....	A-24
VII. Пример расчета .....	A-27
VIII. Преднатяг .....	A-29
IX. Класс точности .....	A-31
X. Смазка .....	A-32
XI. Опции .....	A-38
XII. Нержавеющая пылезащитная лента .....	A-46
XIII. Стандартная и максимальная длина .....	A-47
XIV. Рельсовые направляющие .....	A-48

## Точные шариковинтовые пары (ШВП) катанного типа

Расчет параметров ШВП .....	B-2
Смазка .....	B-16
Установка, смазка, сборка .....	B-18
ШВП .....	B-20

## Рекомендуемые типы обработки концов винта ШВП

Тип А (фиксированная опора) .....	D-2
Тип В (плавающая опора) .....	D-3

## Опоры

Опоры SBC и соответствующие диаметры ШВП .....	E-2
Тип FK .....	E-6
Тип FF .....	E-7
Тип BK .....	E-8
Тип BF .....	E-9





# Рельсовые направляющие

## I. Характеристики рельсовых направляющих SBC

### 1. Экономичная цена

Рельсовые направляющие SBC обладают экономичной ценой благодаря простой конструкции и эффективному производству.

### 2. Быстрый срок поставки

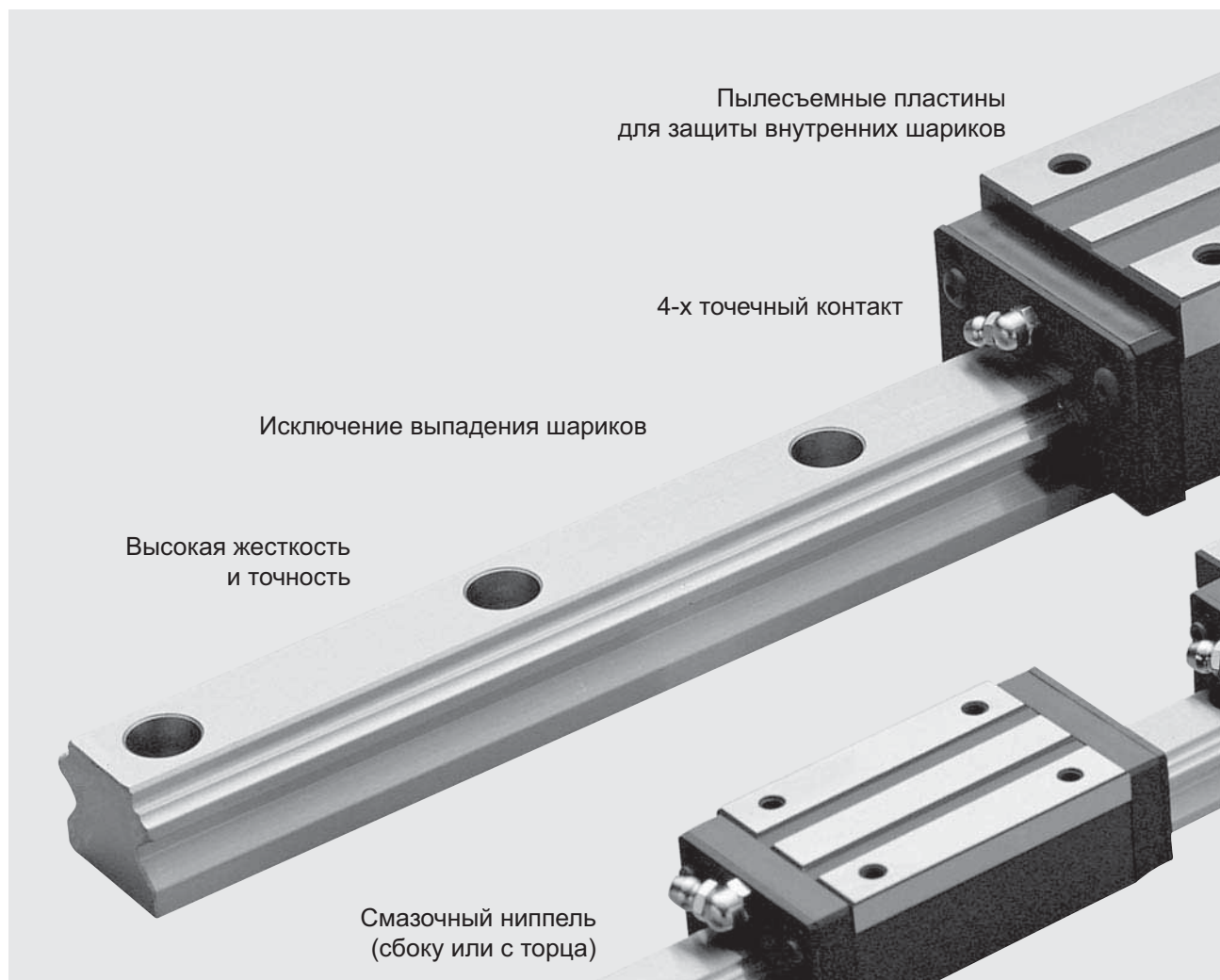
Все стандартные позиции имеют быстрый срок поставки благодаря их наличию на складе.

### 3. Высокая точность позиционирования

Рельсовые направляющие имеют низкий коэффициент трения и отличную повторяемость.

### 4. Высокий КПД

Благодаря низкому коэффициенту трения рельсовых направляющих SBC возможно использовать двигатели меньшего типоразмера, что позволяет экономить электроэнергию.



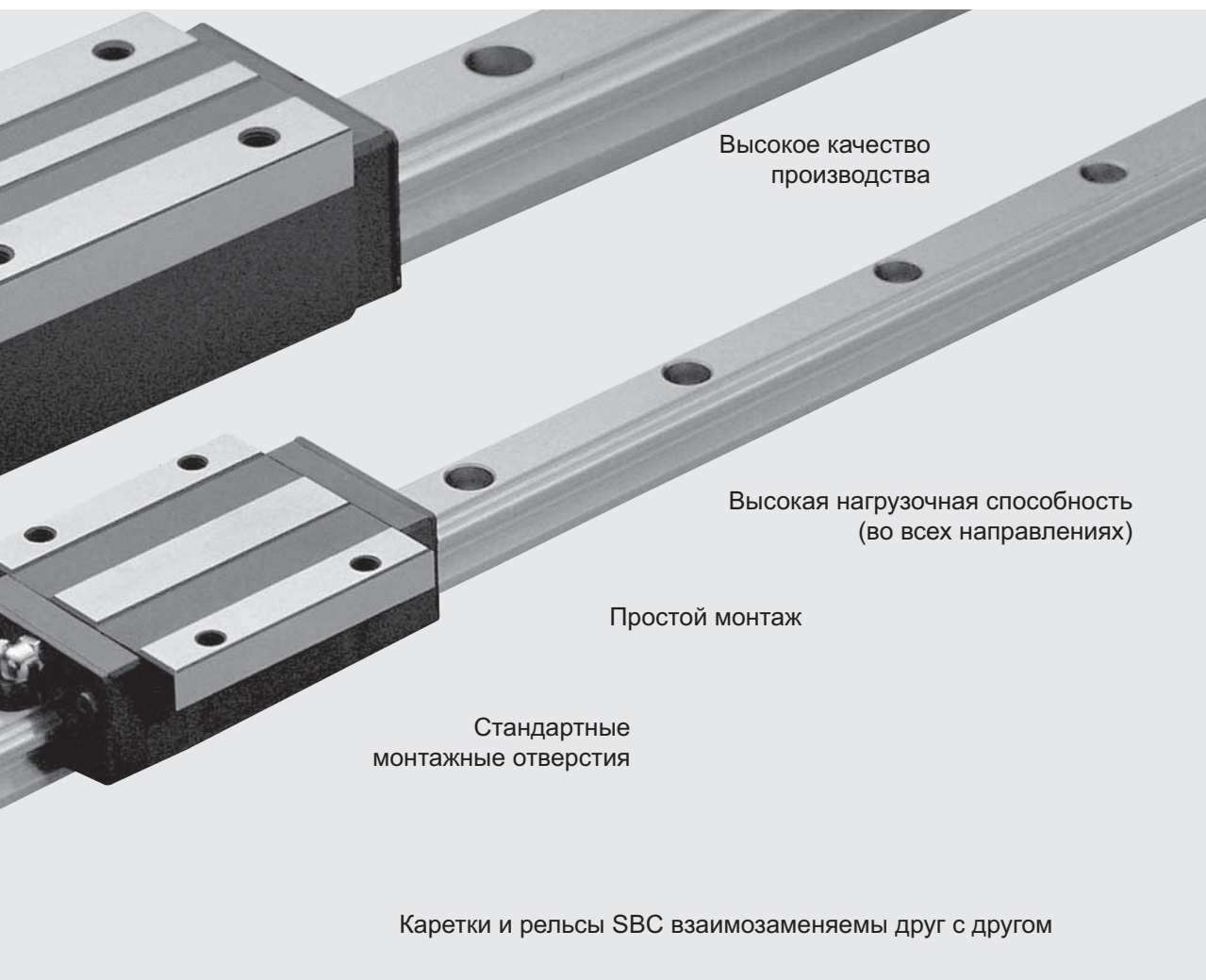
### 5. Поддержание высокой точности

За счет сниженного коэффициента трения, качения и выделения тепла рельсовые направляющие сохраняют повторяемость в течение долгого периода времени.

### 6. Простой монтаж

Закрепленная болтами направляющая сохраняет высокую точность и держит одинаковую нагрузку с четырех сторон.

7. Использование линейных направляющих SBC увеличивает надежность машин за счет срока службы, основанного на точных статистических расчетах.



## Характеристики каретки нового типа SBG(S)

- 01** Реверсивная торцевая пластина с возвратными трубками.

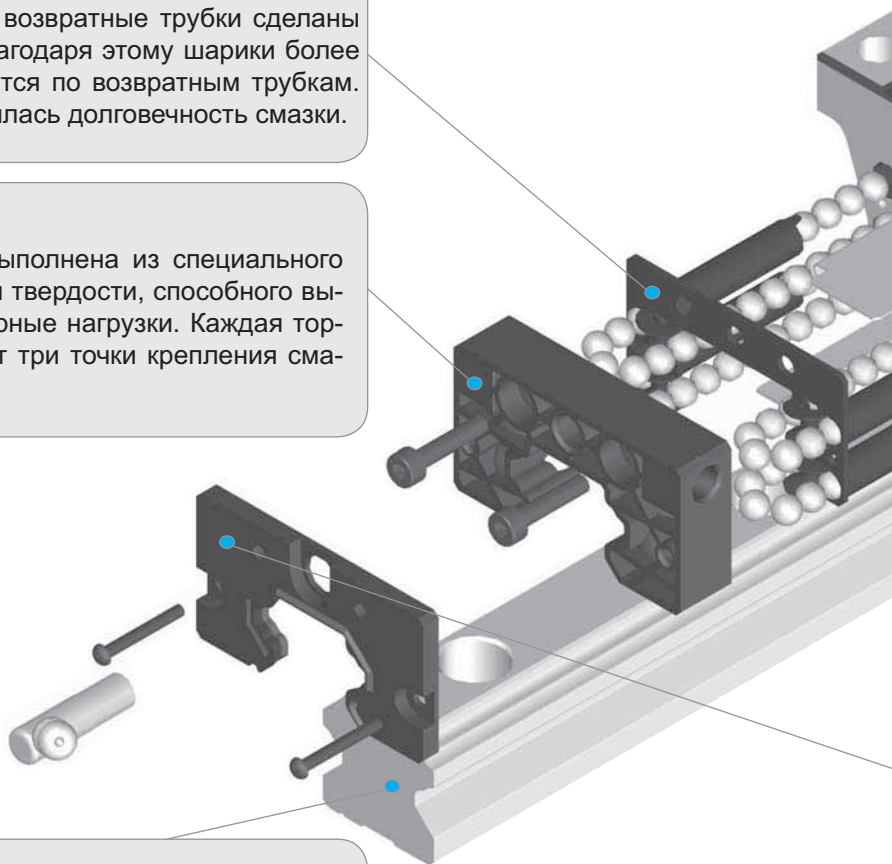
Торцевая пластина и возвратные трубки сделаны как единое целое. Благодаря этому шарики более плавно и тише движутся по возвратным трубкам. Помимо этого, улучшилась долговечность смазки.

- 03** Торцевая пластина

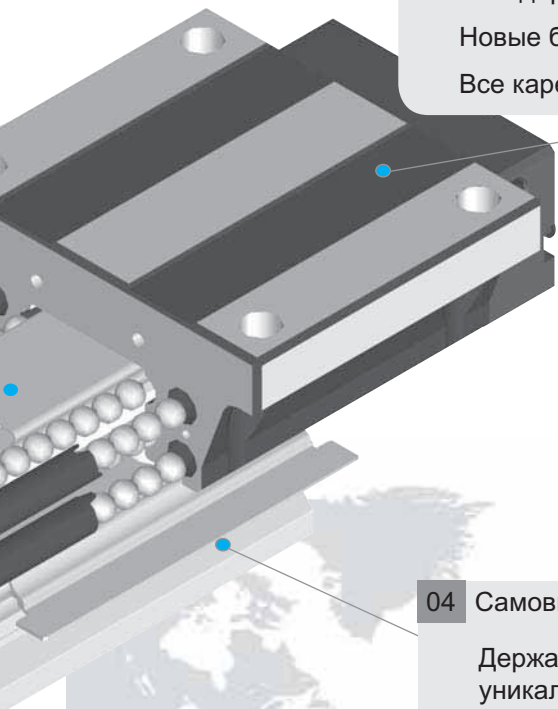
Торцевая пластина выполнена из специального пластика повышенной твердости, способного выдержать высокие ударные нагрузки. Каждая торцевая пластина имеет три точки крепления смазочного ниппеля.

- 05** Направляющий рельс

Один и тот же рельс подходит ко всем кареткам того же типоразмера (SBG, SBS, SPG, SPS)







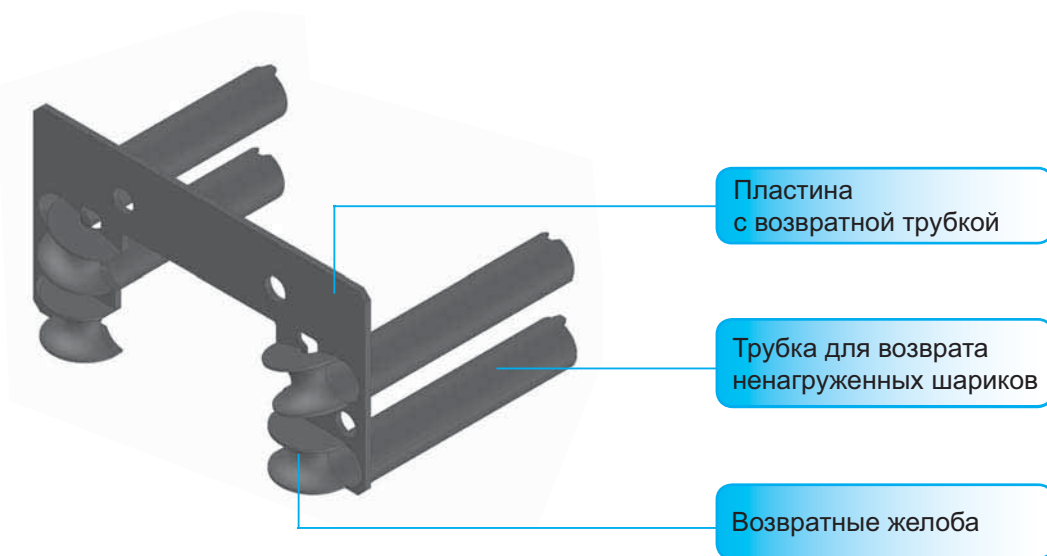
**02** Каретка  
Стандартные – SBG / SBS  
Новые бесшумные с пластиковыми проставками – SPG / SPS  
Все каретки одного типоразмера – взаимозаменяемы.

**04** Самовыравнивающиеся «плавающие» держатели шариков  
Держатели шариков защелкиваются в корпус каретки. Этот уникальный способ обеспечивает внутреннее самовыравнивание и равномерное распределение нагрузки между всеми нагруженными шариками. За счет этого исключается проскальзывание и заедание шариков в рабочей зоне.

**06** Торцевая пылесъемная пластина  
Использован новый, улучшенной структуры, пластик. Повышена защита от пыли и проникновения инородных частиц.

## Конструкция пластины с возвратной трубкой

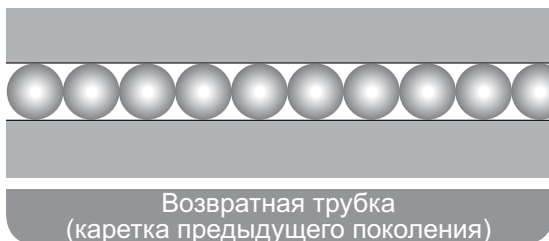
- На данный момент устанавливается только на типоразмеры 15, 20, 25, 30 и 35.



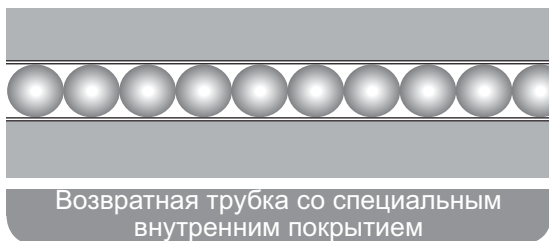
## Трубки для шариков позволяют смазке оставаться чистой

- Использование возвратных желобов нового типа позволяет смазке оставаться чистой, при этом обеспечивается легкое движение шариков и лучшее распространение смазки. Помимо этого, исключается контакт «металл-металл», который может снизить точность возвратного канала.

Возвратный канал ненагруженных шариков (каретки предыдущего поколения)

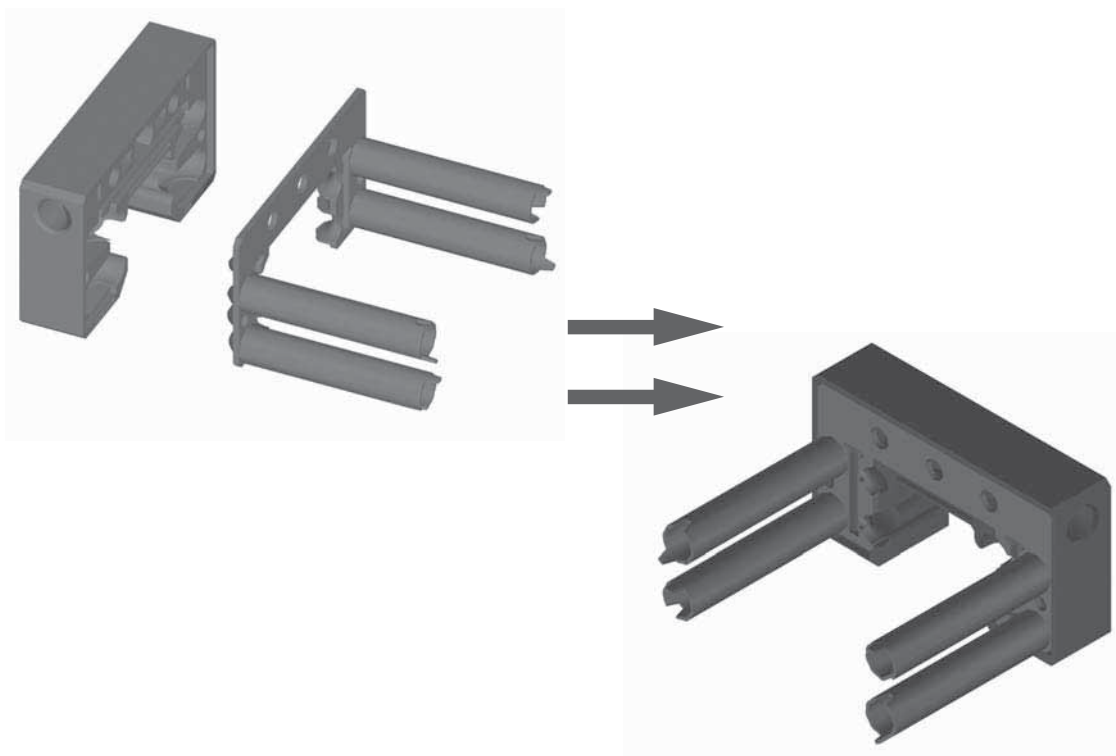


Возвратный канал ненагруженных шариков (каретки нового поколения)





Плотное прилегание торцевой пластины уменьшает потерю смазки

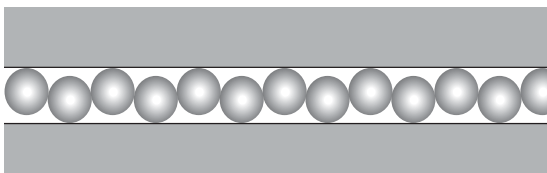


Пластина с возвратными трубками плотно крепится к торцевой пластине каретки. Это значительно снижает потери смазки из корпуса каретки. Более долгое сохранение смазки способствует лучшей работе и увеличивает срок службы направляющей. Каретка также выполняет функцию удерживателя смазки.

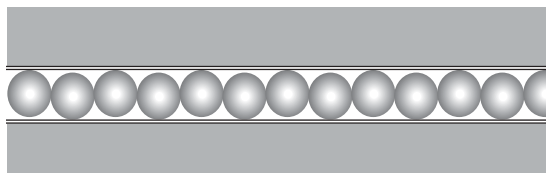
### Уменьшение качения и уровня шума за счет использования пластины с возвратной трубкой нового поколения

- Пластина с возвратной трубкой выполнена как одно целое, что обеспечивает более плавное движение каретки в любой плоскости.
- Конструкция пластин с возвратной трубкой в виде одной детали позволяет исключить ошибки при монтаже, получить высокие допуски, увеличить точность рельсовых направляющих.
- За счет применения в возвратных трубках вставок из нового конструкционного пластика существенно снизился шум, возникавший при контакте «металл об металл» шариков в трубках для возврата ненагруженных шариков.
- Этот специальный конструкционный пластик обладает смазывающими свойствами и высокой долговечностью, увеличивающей срок службы.

Шум из-за трения между ненагруженными шариками и стенками возвратной трубки



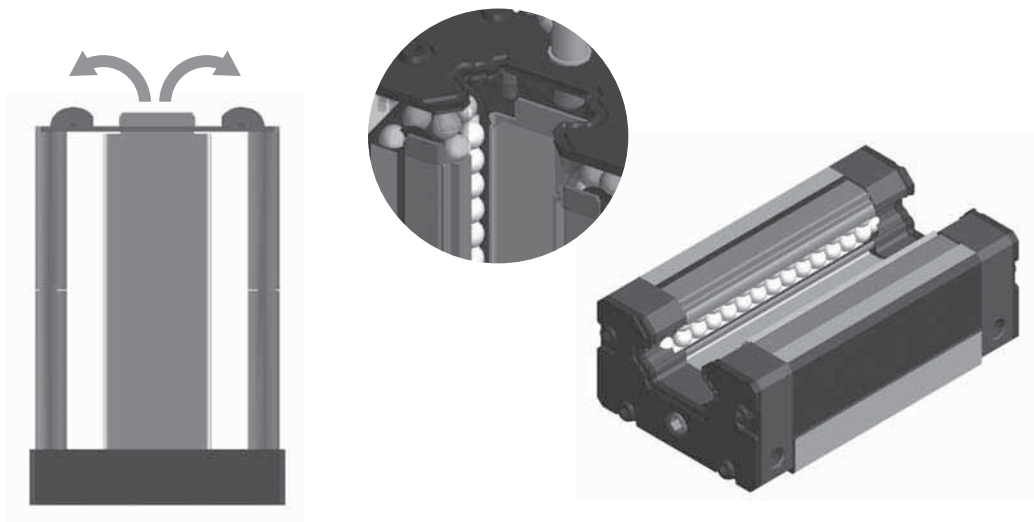
Шум существенно снижен за счет применения новой пластиковой трубки со специальными вставками





### Самовыравнивающиеся держатели шариков (верхний и нижний)

- В обычных каретках держатели прикручиваются к корпусу каретки. В этих каретках невозможно осуществить компенсацию ошибок допусков. Эти ошибки могут привести к ухудшению качения или появлению локальных точек перегрева. Держатели шариков новых кареток защелкиваются в корпус каретки, а не прикручиваются как раньше. Держатели шариков могут самовыравниваться в зависимости от нагрузки и направлять больше шариков в нагруженную область. Благодаря этому уменьшается износ шариков и локальный перегрев, что позволяет увеличить плавность хода и срок службы направляющих.
- Эти новые держатели сделаны из нержавеющей стали (SUS 304) и устойчивы к коррозии.



- Верхний и нижний держатели шариков не зафиксированы болтами и могут самовыравниваться в зависимости от нагрузки. Таким образом, они обеспечивают равномерное распределение нагрузки на каждый шарик и наилучшее удержание шариков в канале.

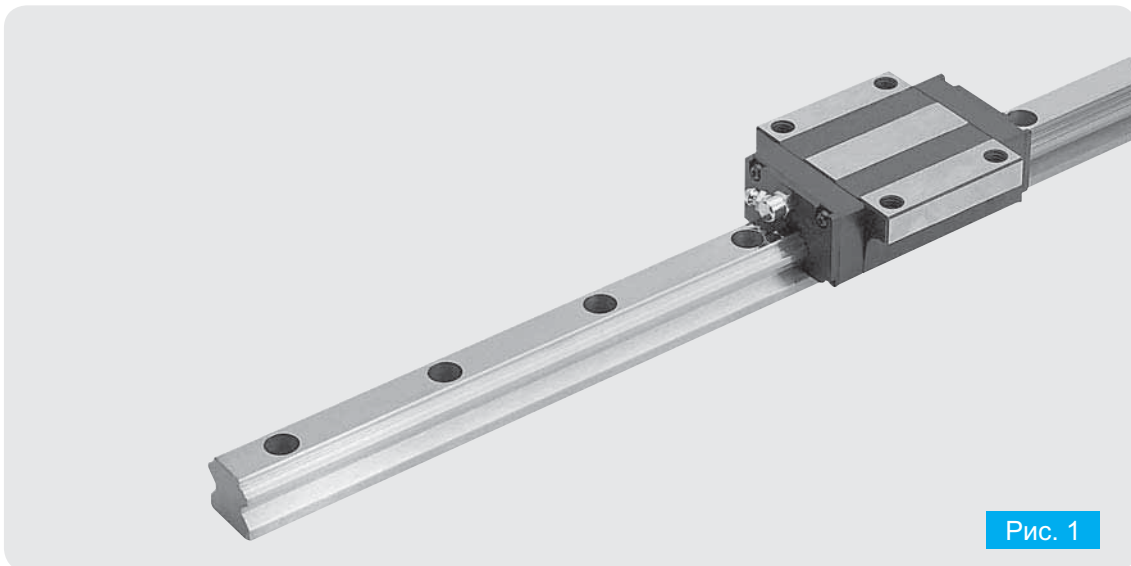


Рис. 1

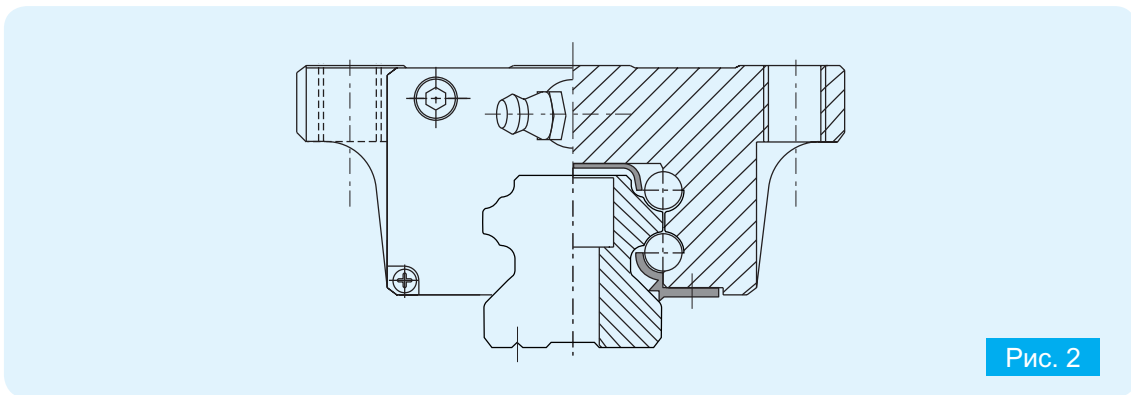


Рис. 2

## II. Расчет уровня нагрузки и срока службы

### Нагрузочная способность и срок службы

В нормальных условиях, рельсовая направляющая может быть повреждена в результате повторяющихся напряжений из-за усталости. Повторяемые напряжения могут вызывать чешуйчатое отслаивание направляющей и элементов качения. Таким образом, срок службы системы линейных направляющих определяют как общее расстояние хода до появления чешуйчатого отслаивания.

### Основная статическая нагрузочная способность ( $C_0$ )

Если в рельсовой направляющей присутствует перегрузка или ударное воздействие в положении покоя или при движении, то на стальных шариках и направляющей постоянно появляются локальные деформации. Когда степень деформации высока, нарушается плавное движение рельсовой направляющей. Основной статической нагрузкой  $C_0$  считается значение нагрузки постоянного направления и величины, которое приводит к суммарной деформации шариков и рельсовых направляющих в месте контакта, равное 0,0001 диаметра тела качения. Таким образом, номинальная статическая нагрузка  $C_0$  показывает максимально возможную статическую нагрузку.

### Статический запас прочности

Есть два способа выбрать рельсовую направляющую. Первый по величине статического запаса прочности, а второй по требуемому сроку службы. Обычно второй способ предпочтительнее.

$$\frac{C_0}{P_0} \geq f_s$$

$f_s$ : статический запас прочности.  
 $C_0$ : основная номинальная статическая нагрузка.  
 $P_0$ : номинальная ударная нагрузочная способность

### Основная динамическая нагрузочная способность $C$ (кгс)

Основной номинальной динамической нагрузкой называют нагрузку с постоянным направлением и величиной, при которой группа одинаковых систем для прямолинейного перемещения имеет номинальный срок службы  $L = 50$  км в случае шариковой системы.

### Ном. нагрузочная способность и оценка срока службы

При воздействии повторяющихся напряжений часть направляющей может начать отслаиваться. При эксплуатации группы одинаковых систем для прямолинейного перемещения при одинаковых условиях, номинальным сроком службы называют расстояние, которое пройдет рельсовая направляющая без появления 10 % чешуйчатого отслаивания.

$$L = \left(\frac{C}{P}\right)^3 \times 50 \text{ км} \qquad L_1 = 50 \text{ км}$$

## III. Трение

### Трение

Статические и динамические коэффициенты трения рельсовых направляющих настолько малы, что потери при движении и рост температуры минимальны. Помимо этого существенно улучшается точность позиционирования. Сопротивление трению системы для прямолинейного перемещения зависит от нагрузки, преднатяга, скорости движения и смазки. В частности, при радиальной нагрузке или при создании предварительного натяга для повышения жесткости увеличивается сопротивление трению.

$$F = \mu P + f$$

F: сила трения (кгс)

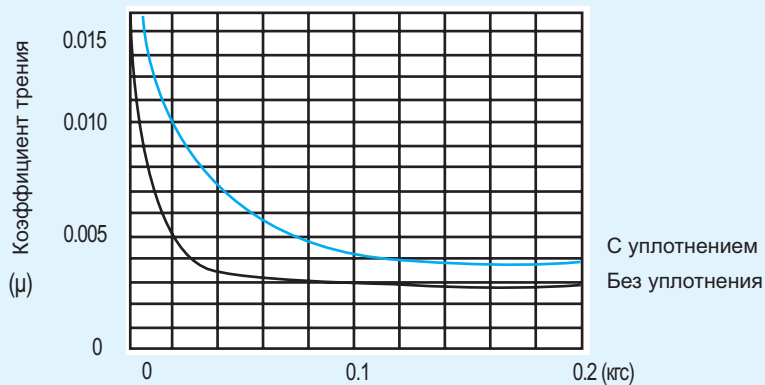
$\mu$ : коэффициент трения

P: нагрузка (кгс)

f: сила сопротивления из-за уплотнения (кгс)

Если применяется уплотнение, сила трения уплотнения прибавляется к общей силе трения. Сопротивление уплотнения меняется в зависимости от площади контакта, давления и смазки. Когда большая нагрузка или преднатяг давят на каретку, сила трения увеличивается. Коэффициент трения не учитывает влияние уплотнений. Если имеется пара уплотнений, к общей силе трения должно быть добавлено от 2 до 3,5 кгс в соответствии с номером модели.

### Коэффициент трения



Нагрузочный коэффициент (P/C)

P: нагрузка

C: Основная номинальная динамическая нагрузка

Рис. 3

Рельсовые направляющие	Тип	Коэффициент трения (μ)
Рельсовые направляющие	SBG, SBS, SBM	0.002 ~ 0.003

Коэффициент трения рельсовых направляющих  $\mu$

(таблица 1)



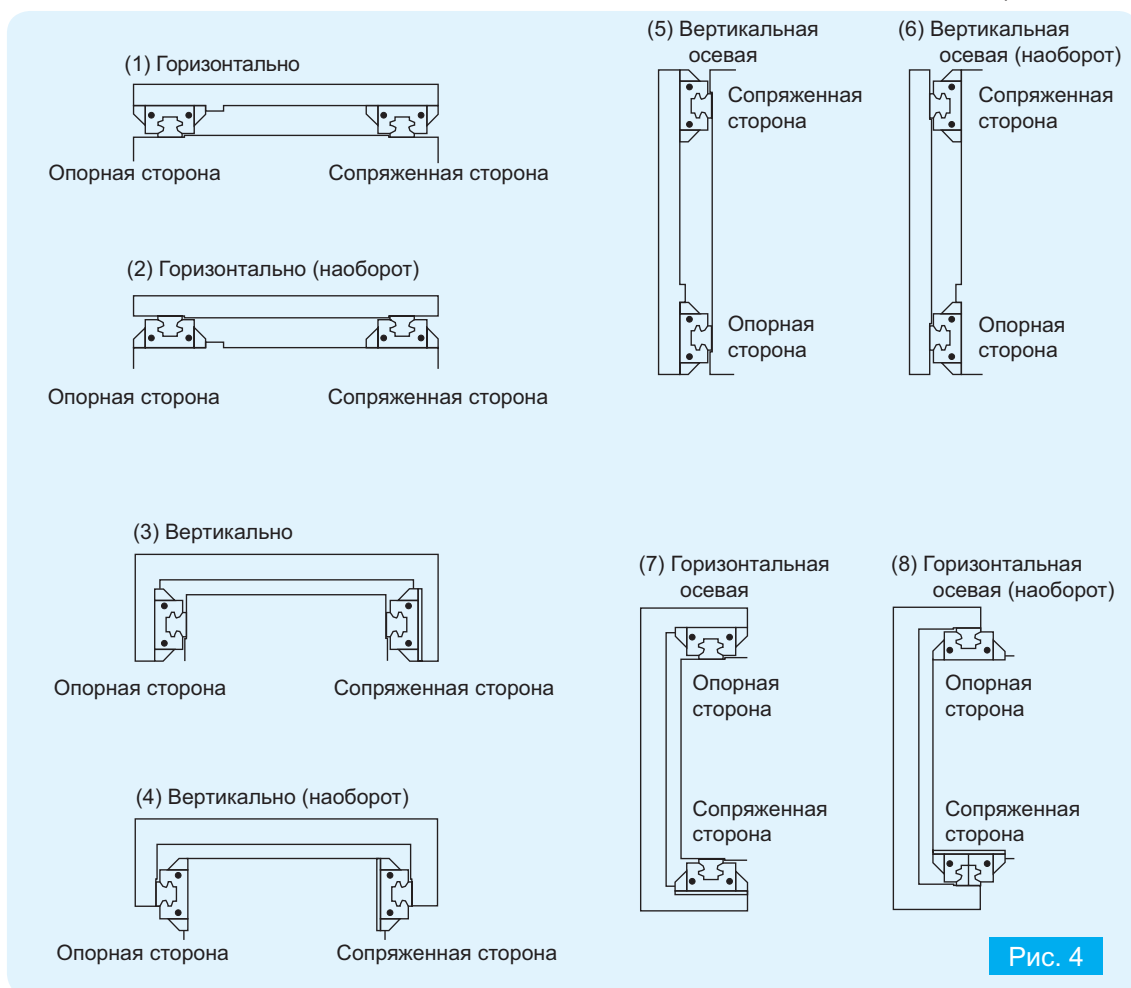
## IV. Монтаж

## Монтаж

Направляющие монтируются несколькими способами. Ниже показаны наиболее общие методы (1), (2), (3), (4). Методы (5), (6), (7), (8) менее трудны и эффективны, когда высота стола ограничена. Перед тем как стол монтируется на блоки, все болты должны быть затянуты.

	Горизонтально	Вертикально	Горизонт. ось	Вертик. ось
Движение стола	(1)	(3)	(5)	(7)
Движение рельса	(2)	(4)	(6)	(8)

(таблица 2)



## Фиксация

### 1. Как зафиксировать

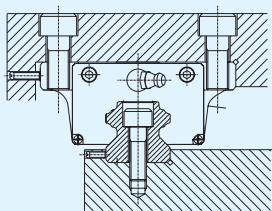
Чаще всего каретка и направляющая фиксируются на станине при помощи болтов. В случае горизонтальной нагрузки или ударных вибраций рекомендуется горизонтальная установка.

### 2. Горизонтальный метод установки

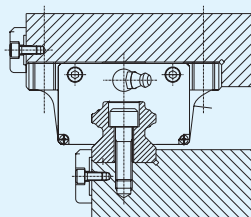
Горизонтальный метод установки облегчает монтаж. Высокая точность и надежность может быть сохранена даже при ударных нагрузках и вибрациях.

1. Фиксация с помощью прижимных винтов – это наиболее популярный способ. Установите в горизонтальную станину прижимной винт и закрепите направляющую.
2. Фиксация с помощью планок – небольшие болты используются для закрепления рельсов планками, число креплений может быть увеличено по необходимости.
3. Фиксация с помощью клиньев.
4. Фиксация с помощью крепежных болтов.

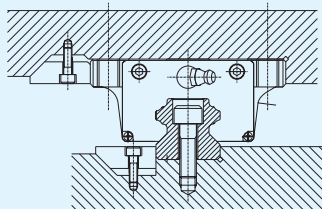
1. Фиксация с помощью прижимных винтов



2. Фиксация с помощью планок



3. Фиксация с помощью клиньев



4. Фиксация с помощью крепежных болтов

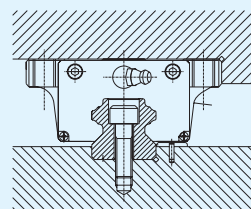


Рис. 5

## Стыковка направляющих

### 1. Определение поверхности стыка

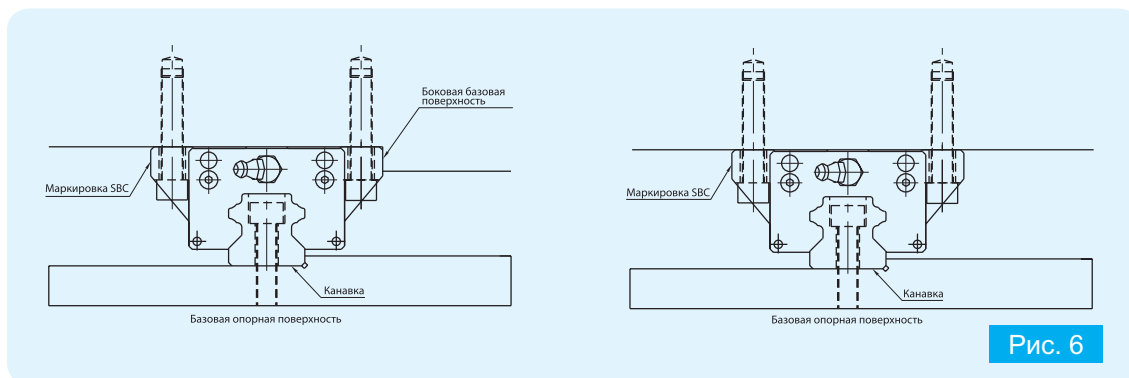


Рис. 6

2. Направление стыка направляющих – все поверхности стыка на идентичных типоразмерах имеют одинаковый номер.

### 1) Схема стыковки двух рельсов.

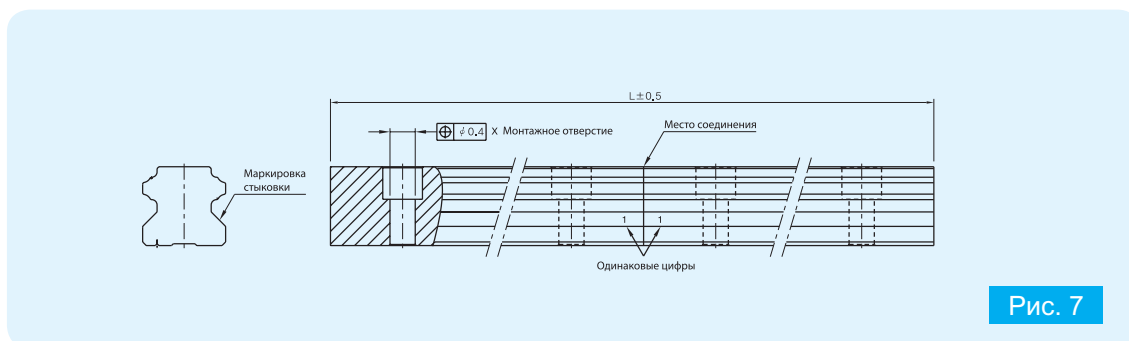


Рис. 7

### 2) Схема стыковки нескольких рельсов.

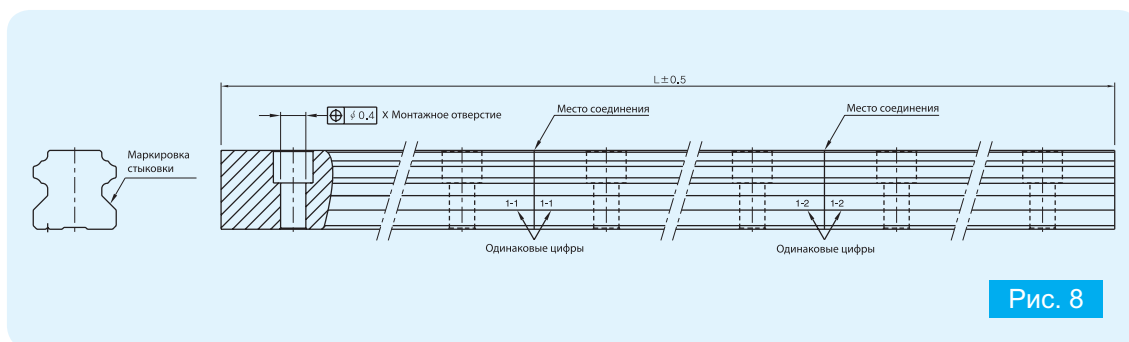


Рис. 8

## Высота упора и радиус боковой поверхности базирования

При установке каретки на стол и основание необходимо знать высоту упора. Также при установке следует быть осторожным с радиусом боковой поверхности базирования.

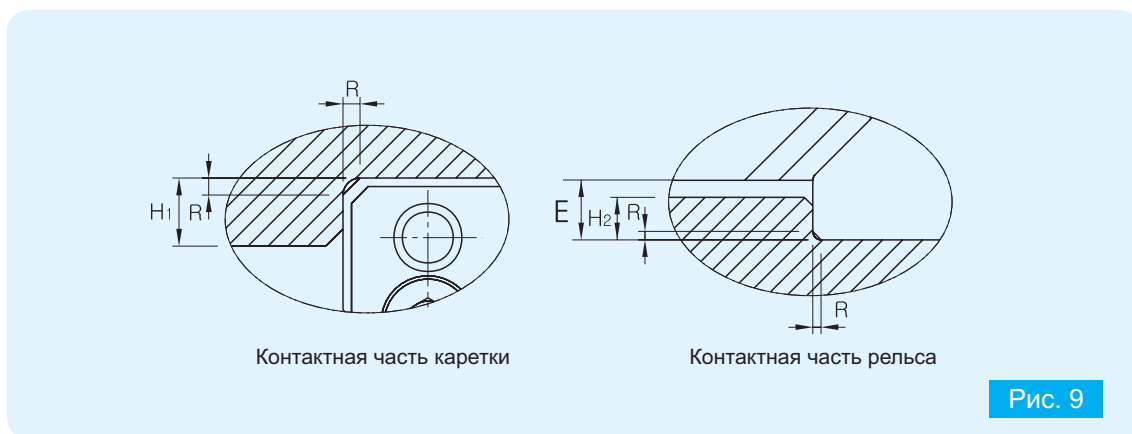


Рис. 9

Номер модели	Радиус (R)	Высота упора H1	Высота упора H2	E
15	0,5	4	2	2,65
20	0,5	5	2,5	3,5
25	1,0	5	3,5	5
30	1,0	5	4,5	6,5
35	1,0	6	6	7,5
45	1,0	8	8	9,8
55	1,5	8	8	9,8
65	1,5	10	10	17,5

(Таблица 3)

## Допустимое отклонение параллельности двух рельсов

### 1. Допустимое отклонение параллельности двух рельсов

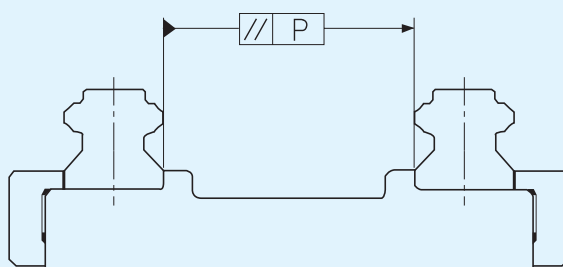


Рис. 10

Неровности монтажной поверхности могут быть причиной увеличения силы трения качения или слегка увеличивать зазор, но благодаря самонастраиваемости каретки рельсовых направляющих трение качения и срок службы не ухудшаются. Допустимое отклонение представлено в следующей таблице.

Размер	Допустимое отклонение параллельности двух рельсов		
	Преднатяг блока		
	К 1	К 2	К 3
15	25	18	
20	25	20	18
25	30	22	20
30	40	30	27
35	50	35	30
45	60	40	35
55	70	50	45
65	80	60	55

(Таблица 4)

## Допустимая точность монтажной поверхности

### 2. Допустимая точность (S1) двухуровневого сдвига

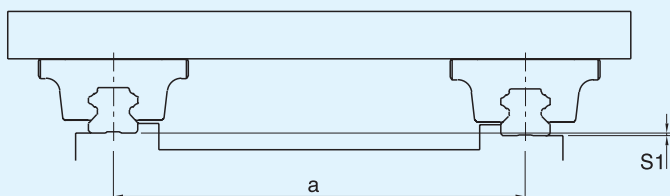


Рис. 11

Константа	Преднатяг каретки		
	К 1	К 2 (0,05 С)	К 3 (0,08С)
Y	0,0004	0,00026	0,00017

(Таблица 5)

$$S_1 = a \times Y$$

S<sub>1</sub>: Допустимая точность двухуровневого сдвига (мм).

a: Расстояние между двумя рельсами (мм).

Y: Константа.

### 3. Допустимая точность (S2) двухуровневого сдвига

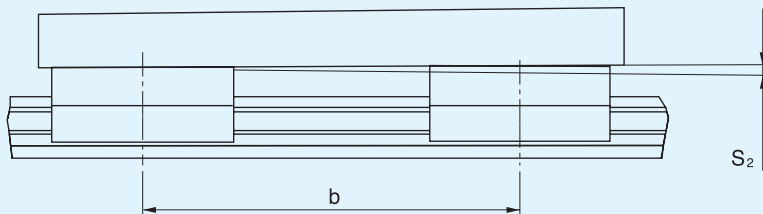


Рис. 12

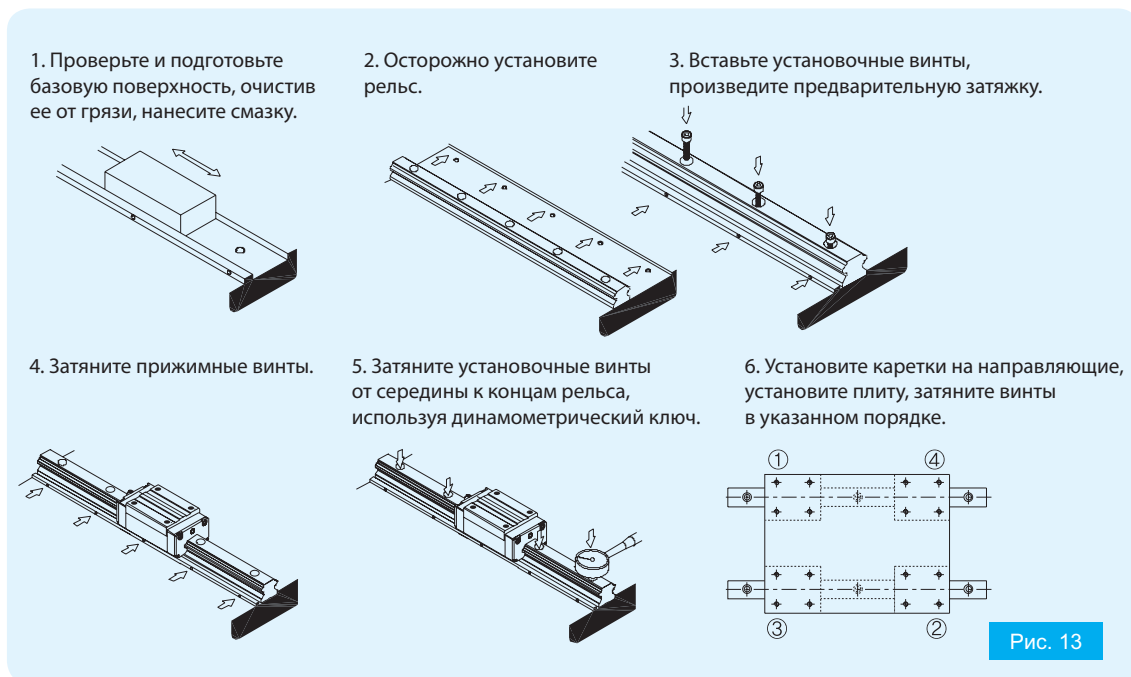
$$S_2 = b \times 0,00004$$

S<sub>2</sub>: Допустимая точность в разности высоты установленных кареток (мм).

b: Расстояние между каретками на одной направляющей (мм).

## Инструкция по установке

1. Проверьте и подготовьте базовую поверхность, очистив ее от грязи, нанесите смазку.
2. Осторожно установите рельс.
3. Вставьте установочные винты, произведите предварительную затяжку.
4. Затяните прижимные винты.
5. Затяните установочные винты от середины к концам рельса, используя динамометрический ключ.
6. Установите каретки на направляющие, установите плиту, затяните винты в указанном порядке.



## 2. Момент затяжки болтов

Единицы: Н•см

Болт	M2	M2,3	M2,6	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16
Момент затяжки (сталь)	58,8	78,4	117,6	196	392	784	1274	2940	6762	11789	15680	19600
Момент затяжки (литое Fe)	39,2	58,8	78,4	127,4	274,4	588	921,2	2009	4508	7840	10496	13093
Момент затяжки (Al)	29,4	39,2	58,8	98	205,8	441	686	1470	3332	5880	7840	9800

(Таблица 6)

## V. Расчет допустимых нагрузок

### Расчет допустимой нагрузки

Нагрузка, действующая на систему рельсовых направляющих, меняется из-за положения центра тяжести, положения приложенной силы. Ниже приведены примеры расчета нагрузок.

W: нагрузка (кгс).

F: сила ускорения.

G: ускорение свободного падения (мм/сек<sup>2</sup>).

L<sub>n</sub>: длина плеча.

P<sub>n</sub>: нагрузка в радиальном и противорадиальном направлении.

R: внешняя сила.

P<sub>nt</sub>: нагрузка в горизонтальном направлении.

V<sub>n</sub>: скорость.

P<sub>m</sub>: средняя нагрузка.

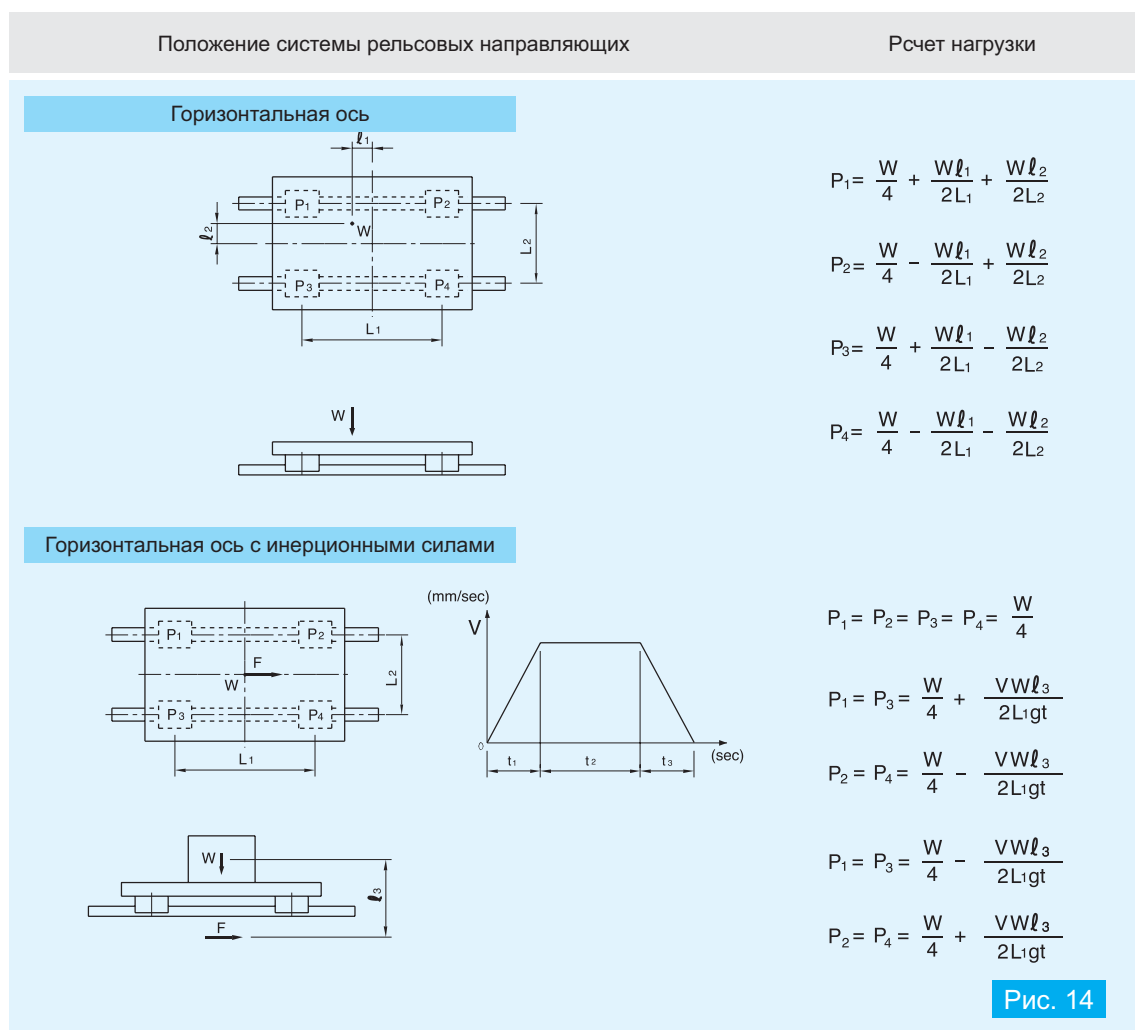


Рис. 14

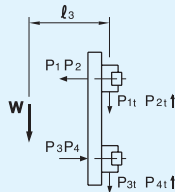
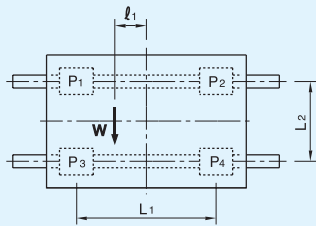




Положение системы рельсовых направляющих

Расчет нагрузки

Горизонтальная ось

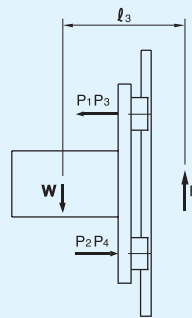
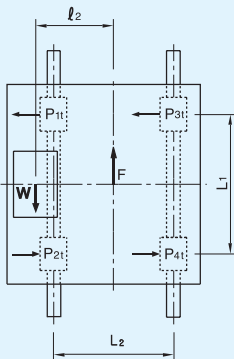


$$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = \frac{W}{2} \times \frac{l_3}{L_2}$$

$$P_{1t} = P_{3t} = \frac{W}{4} + \frac{W l_1}{2 L_1}$$

$$P_{2t} = P_{4t} = \frac{W}{4} - \frac{W l_1}{2 L_1}$$

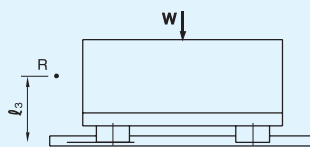
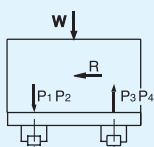
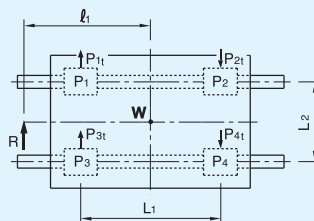
Вертикальная ось



$$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = \frac{W l_3}{2 L_1}$$

$$P_{1t} = P_{2t} = P_{3t} = P_{4t} = \frac{W l_2}{2 L_1}$$

Горизонтальная ось с внешней силой R



$$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = \frac{W}{4} + \frac{R}{2} \times \frac{l_3}{L_2}$$

$$P_{1t} = P_{3t} = \frac{W}{4} + \frac{R}{4} + \frac{R l_1}{2 L_1}$$

$$P_{2t} = P_{4t} = \frac{W}{4} + \frac{R}{4} - \frac{R l_1}{2 L_1}$$

Рис. 15

## Статический запас прочности

При расчете нагрузки, действующей на систему рельсовых направляющих, необходимо рассчитывать среднюю и максимальную нагрузку. Обычно, возвратно-поступательное движение машины создает непредсказуемые инерционные нагрузки. Систему рельсовых направляющих выбирают по максимальной нагрузке.

$$\frac{C_o}{P_o} \geq f_s$$

$f_s$ : статический запас прочности.

$C_o$ : основная номинальная статическая нагрузка.

$P_o$ : номинальная ударная нагрузочная способность

Рабочее состояние	Нагрузка	$f_s$
Нормальное, в покое	Ударная нагрузка или деформация вала малы.	1 ~ 1,3
	Действует ударная или крутящая нагрузка.	2 ~ 1,3
Нормальное, в движении	Номинальная нагрузка или деформация вала мала.	1 ~ 1,3
	Действует ударная или крутящая нагрузка.	2,5 ~ 5

(Таблица 7)



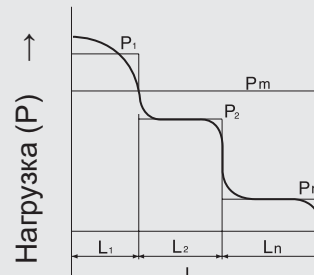
**Расчет средней нагрузки**

Нагрузка, действующая на систему рельсовых направляющих, изменяется в зависимости от различных факторов. Так, различные нагрузки должны быть учтены, чтобы рассчитать срок службы системы линейных направляющих.

**Ступенчатая нагрузка**

$$P_m = \sqrt[3]{\frac{1}{L}(P_1 \cdot L_1 + P_2^3 \cdot L_2 + \dots + P_n^3 \cdot L_n)}$$

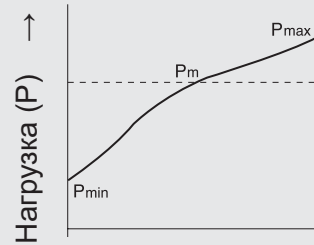
$P_m$ : средняя нагрузка (кгс)  
 $P_n$ : изменяющаяся нагрузка (кгс)  
 $L$ : общее пройденное расстояние (мм)  
 $L_n$ : пройденное расстояние при нагрузке  $P_n$  (мм)



**Монотонно изменяющаяся нагрузка**

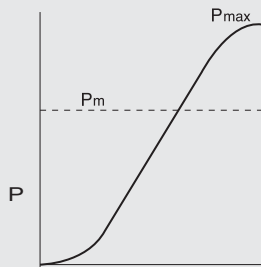
$$P_m = \frac{1}{3} (P_{min} + 2 \cdot P_{max})$$

$P_{max}$ : максимальная нагрузка (кгс)  
 $P_{min}$ : минимальная нагрузка (кгс)



**При изменении нагрузки по синусоидальному закону**

а)  $P_m = 0.65 P_{max}$



б)  $P_m = 0.75 P_{max}$

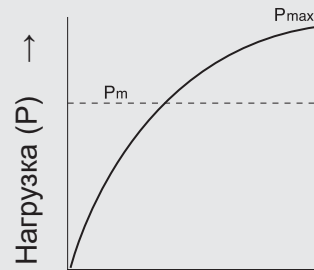


Рис. 16