

## **Компактная гидростатическая линейная направляющая**

**в монтажном пространстве  
профильной линейной направляющей**

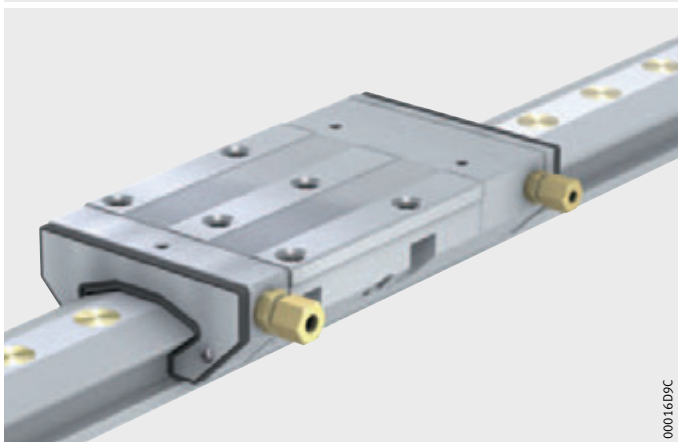
# Компактная гидростатическая линейная направляющая

	страница
<b>Общий обзор</b>	Компактная гидростатическая линейная направляющая ..... 2
<b>Основные свойства</b>	Гидростатическое демпфирование с помощью масляной подушки..... 3
	Принцип действия ..... 3
	Преимущества данного решения..... 4
	Поставляемые исполнения ..... 4
	Условия эксплуатации..... 4
	Уплотнения ..... 4
	Защита от коррозии..... 4
	Температура эксплуатации ..... 4
<b>Рекомендации конструктору и обеспечение надежности</b>	Взаимозаменяемость ..... 5
	Предварительный натяг..... 5
	Трение ..... 5
	Жесткость ..... 5
	Монтаж компактной гидростатической направляющей ..... 6
	Гидравлический агрегат ..... 7
	Расположение отверстий в направляющем рельсе ..... 8
	Проектирование сопрягаемой конструкции ..... 9
<b>Точность</b>	Высоты упорных бортиков и радиусы скругления углов ..... 11
	Классы точности ..... 11
	Позиционные допуски и допуски длины направляющего рельса ..... 13
<b>Пример обозначения для заказа</b>	Симметричное расположение отверстий..... 14
	Несимметричное расположение отверстий ..... 15
<b>Таблицы размеров</b>	Компактная гидростатическая линейная направляющая ..... 16

# Общий обзор **Компактная гидростатическая линейная направляющая**

**в монтажном пространстве  
профильной линейной  
направляющей**

HLE45



00016D9C

# Компактная гидростатическая линейная направляющая

## Основные свойства

Каретки профильных линейных направляющих качения не могут обеспечить демпфирование колебаний. Для рационального гашения колебаний сопряженной конструкции потребуются такие дополнительные элементы, как пассивная демпфирующая каретка RUDS-D, устанавливаемая совместно с направляющими качения с циркуляцией роликов RUE-E и располагающаяся между каретками. При этом демпфирующий элемент должен располагаться в месте наибольшей амплитуды, чтобы оказывать максимальное влияние на колебания при изгибе элементов. Для этого требуется хорошее знание свойств источника колебаний.

## Гидростатическое демпфирование с помощью масляной подушки

Для применений с очень высокими требованиями к демпфированию колебаний, динамической жесткости и грузоподъемности на базе испытанных временем наших линейных направляющих с циркуляцией роликов RUE...-E, сейчас размерной серии 45, производится компактная гидростатическая линейная направляющая.

Данная линейная направляющая с предварительным натягом является целостным узлом. Она специально сконструирована для демпфирования колебаний, и ее дооснащение специальными гасящими колебания элементами не требуется.

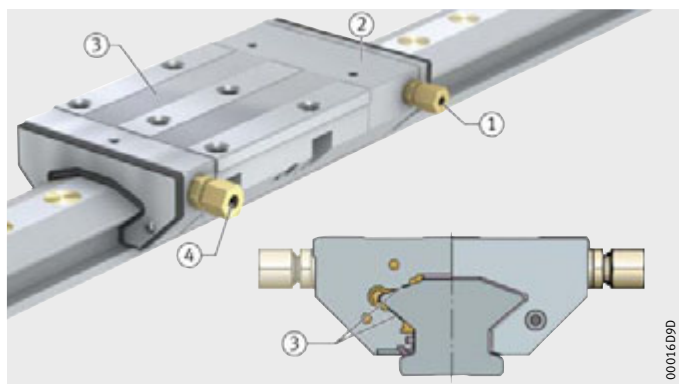
## Принцип действия

Система камер в каретке заполняется гидравлическим маслом. Масло под постоянным давлением подводится к стороне нагнетания, *рис. 1*. Встроенные дроссели отрегулированы так, чтобы под давлением обеспечивалась оптимальная посадка каретки на направляющем рельсе с равномерным распределением зазора 0,025 мм. Разгрузочные карманы в каретке обеспечивают омывание маслом.

Масло без давления из каретки отводится со стороны разрежения и снова подается в масляный контур.

- ① сторона нагнетания
- ② встроенный дроссель
- ③ разгрузочные карманы
- ④ сторона разрежения (безнапорная зона)

Рисунок 1  
Функциональные элементы



# Компактная гидростатическая линейная направляющая

<b>Преимущества данного решения</b>	Благодаря интегрированному гидравлическому управлению гидростатическая линейная направляющая готова к монтажу и может быть встроена в стандартное монтажное пространство, предусмотренное для линейной направляющей качения с циркуляцией роликов.
<b>Требуется лишь одна концепция станка</b>	Благодаря неизменности монтажного пространства согласно DIN, а также присоединительных размеров по DIN, предусмотренных для профильных линейных направляющих (одинаковые геометрические присоединительные размеры и одинаковый габаритный профиль сечения), в пределах одной концепции станка реализуемы несколько классов его исполнения. Таким образом, при наличии всего лишь одной концепции станка могут быть реализованы различные требования к обработке детали. В зависимости от основной задачи возможны, например: <ul style="list-style-type: none"><li>■ получение превосходного качества поверхности и точности при нормальном резании;</li><li>■ повышенная производительность и глубина резания при высокопроизводительной обработке со стандартно высокими качеством обработки и точностью.</li></ul>
<b>Технические характеристики</b>	Трение между направляющим рельсом и кареткой стремится к нулю, см. главу «Трение», стр. 5. Жесткость по прижимающему усилию соответствует стандартной линейной направляющей качения с циркуляцией роликов RUE-E. Восприятие нагрузки в металлообрабатывающем станке аналогично применению при использовании стандартных профильных линейных направляющих качения. Каретка воспринимает усилия со всех направлений, исключая направление перемещения, и моменты относительно всех осей. Она пригодна для ускорений до $100 \text{ м/с}^2$ и скоростей до $120 \text{ м/мин}$ .
<b>Поставляемые исполнения</b>	Гидростатическая система состоит, как минимум, из двух направляющих рельсов TSH, двух кареток HLW на каждом направляющем рельсе и заглушек из латуни для закрывания цековок крепежных отверстий в направляющих рельсах. Направляющие рельсы поставляются только цельными с максимальной длиной $5\,900 \text{ мм}$ , стыковка направляющих рельсов не допускается.
<b>Условия эксплуатации</b>	Для эксплуатации компактных гидростатических направляющих требуется гидравлическое масло HLP 46 согласно классификации по DIN 51524-2. Масло соответствует классу вязкости ISO VG 46, частицы более $10 \text{ мкм}$ должны быть отфильтрованы.
<b>Уплотнения</b>	Эластичные уплотнения на торцах и продольные уплотнения с нижней стороны кареток защищают систему перемещения от загрязнений и сохраняют гидравлическое масло в каретке.
<b>Защита от коррозии</b>	Коррозионнотойкое исполнение не поставляется.
<b>Температура эксплуатации</b>	Компактная направляющая разработана для комнатной температуры ( $\approx +22 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

## Рекомендации конструктору и обеспечение надежности

### Взаимозаменяемость

Каретки и направляющие рельсы согласованы между собой и поэтому не могут произвольно сочетаться с другими направляющими и каретками.

Дроссели кареток отрегулированы на обеспечение соответствующего зазора.



Система с компактными гидростатическими направляющими всегда состоит, как минимум, из двух направляющих рельсов с двумя каретками на каждом. Конструкция только с одним направляющим рельсом или одной кареткой невозможна.

### Предварительный натяг

Линейная направляющая HLE имеет предварительный натяг посредством гидравлического давления около 5 МПа. Предварительный натяг определяется настройкой дросселей.

### Влияние предварительного натяга на компактную линейную направляющую

Жесткость системы повышается при увеличении предварительного натяга. Вместе с тем, предварительный натяг не влияет на усилие перемещения или срок службы компактной направляющей.

### Трение

До достижения предельной нагрузки трение от нагрузки не зависит. Имеющееся постоянное сопротивление перемещению около 20 Н на каждую каретку возникает лишь из-за наличия кругового уплотнения.

### Жесткость

Жесткость составляет:

- по прижимающей нагрузке = 1 200 Н/мкм;
- по отрывающей нагрузке = 900 Н/мкм;
- по боковой нагрузке = 500 Н/мкм.

Значения определялись для системы (HLE45), состоящей из двух направляющих рельсов (TSH45) и четырех кареток (HLW45), которые были закреплены винтами на плите, при рабочем давлении 10 МПа. Они учитывают деформацию гидростатической направляющей HLE, включая резьбовое соединение с сопряженной конструкцией.



Параметры жесткости действительны только при закреплении шестью винтами и соответствующем снабжении маслом, см. раздел «Гидравлический агрегат», стр. 7.

# Компактная гидростатическая линейная направляющая

## Монтаж компактной гидростатической направляющей



Ни в коем случае не надевать на направляющий рельс каретку, не смазав ее предварительно маслом.

Направляющие рельсы должны быть выровнены, хорошо закреплены винтами; отверстия должны быть закрыты латунными заглушками.

При применении гидростатической линейной направляющей оба рельса и каретки с одной стороны должны иметь жесткий упор.

### Монтаж

При монтаже придерживайтесь следующей последовательности:

- Поместите на рельс и, не прилагая нагрузки, переместите смазанную маслом каретку в монтажную позицию.
- Произведите гидравлическое подключение каретки (Положение штуцерных присоединений для маслопроводов и заглушек при необходимости может быть перенесено на противоположную сторону).
- Обеспечьте систему рабочим давлением.
- Установите на каретки сопрягаемую деталь.
- Закрутите винты крепления каретки с ее плоской стороны (сверху).
- Затяните сначала четыре наружных винта, затем средние винты. Следует принять во внимание длину винтов.

Линейная направляющая готова к работе.

## Гидравлический агрегат

Потребность каждой каретки в масле составляет 1,3 л/мин.

### Пример

В кооперации с фирмой Hydac были разработаны следующие типовые требования к гидравлическому агрегату для системы линейных направляющих, состоящей из двух рельсов с двумя каретками на каждом рельсе.

Требования к гидравлическому агрегату:

- контур давления с электродвигателем V1 мощностью 1,5 кВт,  $n = 1\,500 \text{ мин}^{-1}$ , 400 В, шестеренный насос с внешним зацеплением  $Q = 6 \text{ л/мин}$  при  $p \approx 110 \text{ бар}$ ;
- масляный резервуар NG63 с входным фильтром и фильтром системы вентиляции, контролем уровня масла, реле температуры, шаровым сливным краном;
- фильтр контура охлаждения (откачивающий насос) с электродвигателем V1, мощностью 0,37 кВт,  $n = 1\,500 \text{ мин}^{-1}$ , 400 В, шестеренный насос с внешним зацеплением  $Q = 10 \text{ л/мин}$  при  $p \approx 5 \text{ бар}$ ;
- маслоохладитель, пластинчатый теплообменник (HEX 615-30(C71,C71));
- компрессорный охлаждающий агрегат. Мощность охлаждения не менее суммы мощностей насосов;
- масляный фильтр в напорной линии, размер частиц  $\leq 10 \text{ мкм}$ .

### Параметры охладителя

Охладитель масла должен иметь такие характеристики, чтобы температура масла на выходе гидравлического агрегата была на 6 К ниже желаемой для гидростатической направляющей температуры окружающего воздуха.

### Подводящий и возвратный трубопроводы гидравлической системы

Как правило, следует выбирать как можно большие диаметры трубопроводов.

#### Подводящий трубопровод

Подводящая линия должна иметь внутренний диаметр 16 мм и как можно ближе к каретке уменьшаться до внутреннего диаметра, составляющего 4 мм.

Размер штуцера высокого давления в каретке L6 (M10×1,0).

#### Возвратный трубопровод

В возвратном трубопроводе сопротивление линий от всех кареток до откачивающего насоса должно быть одинаковым и, по возможности, минимальным.

Размер штуцера низкого давления в каретке L8 (M12×1,5).

На расстоянии не более 300 мм от выхода из каретки внутренний диаметр откачивающего трубопровода должен быть увеличен до 16 мм.

Если возвратный трубопровод длиннее 3 м, откачивающий насос, по возможности, следует установить непосредственно на оси.

Давление подпора в возвратной линии должно быть  $< 0,2 \text{ бар}$ .



Принципиально важно, чтобы было рассчитано сопротивление откачивающего и напорного трубопроводов.

В гидравлическом агрегате должно быть предусмотрено реле давления, которое дает разрешающий сигнал на перемещение гидростатической оси только при достижении достаточного давления.

Перемещение направляющей допускается только при активной гидравлике.



# Компактная гидростатическая линейная направляющая

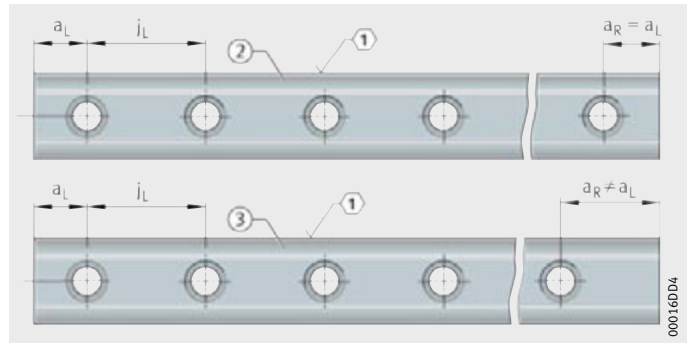
## Расположение отверстий в направляющем рельсе

При отсутствии особых указаний расположение крепежных отверстий в направляющих рельсах симметричное, *рис. 2*.

По желанию возможно несимметричное расположение отверстий. При этом обеспечить  $a_L \geq a_{L \min}$  и  $a_R \geq a_{R \min}$ , *рис. 2*.

- ① сопрягаемая сторона
- ② симметричное расположение отверстий
- ③ несимметричное расположение отверстий

Рисунок 2  
Расположение отверстий на рельсе



## Максимальное количество шагов

Количество шагов есть округленная целочисленная часть:

$$n = \frac{l - 2 \cdot a_{L \min}}{j_L}$$

Для расстояний  $a_L$  и  $a_R$  имеет место следующее:

$$a_L + a_R = l - n \cdot j_L$$

Для направляющих рельсов с симметричным расположением отверстий справедливо:

$$a_L = a_R = \frac{1}{2} \cdot (l - n \cdot j_L)$$

Количество отверстий:

$$x = n + 1$$

$a_L, a_R$  мм  
расстояние от начала или конца направляющего рельса до ближайшего отверстия;

$a_{L \min}, a_{R \min}$  мм  
минимальные значения для  $a_L, a_R$ , см. в табл. размеров;

$l$  мм  
длина направляющего рельса;

$n$  —  
максимально возможное количество шагов;

$j_L$  мм  
расстояние между отверстиями;

$x$  —  
количество отверстий.



При несоблюдении минимальных значений для  $a_L$  и  $a_R$  возможен врез в цековку.

## Составные рельсы

Изготовление составных рельсов невозможно.

## Проектирование сопрягаемой конструкции

Точность перемещения в основном зависит от прямолинейности, точности и жесткости сопрягаемых и монтажных поверхностей.

Прямолинейность системы устанавливается лишь тогда, когда направляющая прижата к базовой поверхности.

При повышенных требованиях к точности перемещения и/или при нежесткой несущей конструкции, и/или при подвижных направляющих рельсах, пожалуйста, обратитесь в консультационную службу Schaeffler.

### Точность формы и расположения базовых поверхностей



Чем точнее и легкоходней должна быть направляющая, тем более строго следует подходить к точности формы и расположения поверхностей сопрягаемых деталей.

Обеспечить допуски согласно *рис. 3*, стр. 10.

Поверхности шлифовать или обработать тонким фрезерованием, стремиться к параметру шероховатости Ra 1,6.

Отклонения от заданных допусков ухудшают общую точность, изменяют предварительный натяг и могут привести к отказу.

### Разность высот ΔH

Для ΔH допустимы значения согласно следующему уравнению. При бoльших отклонениях обращайтесь с запросом.

$$\Delta H = a \cdot b$$

ΔH — мкм  
максимальное допустимое отклонение от теоретически точного положения, *рис. 3*, стр. 10;

a — коэффициент, зависящий от класса предварительного натяга, здесь: 0,075;

b — мм  
межцентровые расстояния направляющих элементов.

### Параллельность смонтированных направляющих рельсов

Для параллельно расположенных направляющих рельсов существует допуск параллельности *t*, *рис. 3*, стр. 10, и табл.

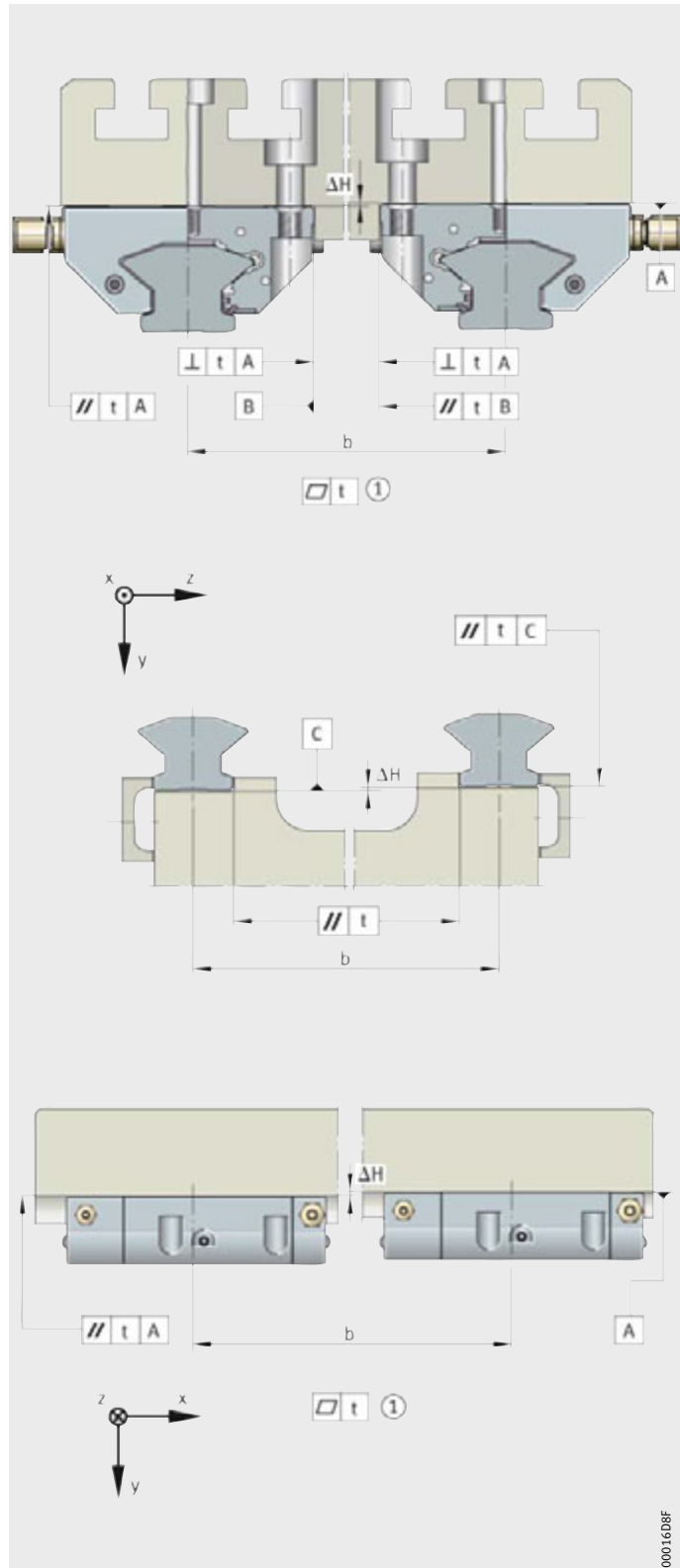
#### Допуск параллельности *t* для направляющих рельсов

Условное обозначение	Допуск параллельности <i>t</i> мкм
TSH45	< 10



При использовании максимальных значений сопротивление перемещению может возрасти.

## Компактная гидростатическая линейная направляющая



$b$  = расстояние между направляющими рельсами  
 $\Delta H$  = разность высот  
 $t$  = допуск параллельности  
 ① выполнить невыпуклыми (для всех обработанных поверхностей)

Рисунок 3  
 Допуски сопрягаемых поверхностей и параллельность смонтированных направляющих рельсов

00016DSF

**Точность**  
**Высоты упорных бортиков**  
**и радиусы скругления углов**

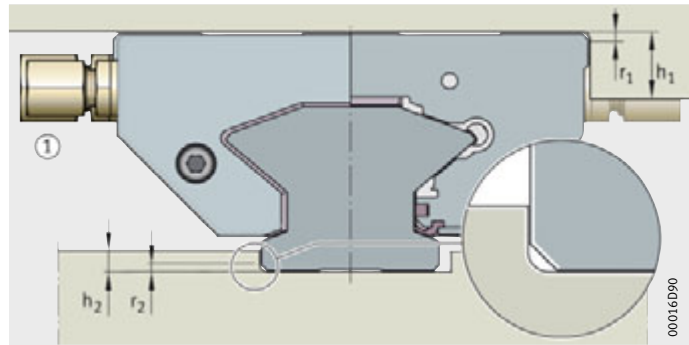
Высоты упорных бортиков и радиусы скругления должны согласоваться с компактной направляющей, см. табл. и *рис. 4*.  
 В сопрягаемой конструкции должно быть место для заглушек и штуцеров, *рис. 4*.

**Высоты упорных бортиков**  
**и радиусы скругления углов**

Условное обозначение	$h_1$ мм	$h_2$ макс. мм	$r_1$ макс. мм	$r_2$ макс. мм
HLE45	10	8	1	0,8

① место в сопрягаемой конструкции

*Рисунок 4*  
 Высоты упорных бортиков и радиусы скругления углов

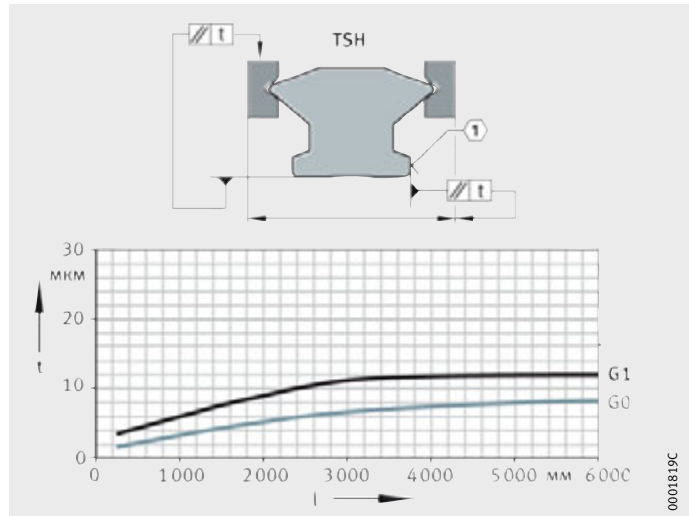


**Классы точности**

Компактная направляющая HLE производится с классом точности от G0 до G1, *рис. 5*. Стандартным является класс G1.

$t$  = допуск параллельности при дифференциальном измерении  
 $l$  = полная длина направляющего рельса  
 ① сопрягаемая сторона

*Рисунок 5*  
 Классы точности и допуски параллельности направляющих рельсов



## Компактная гидростатическая линейная направляющая

### Параллельность направляющих и сопрягаемых поверхностей

Допуск параллельности направляющих рельсов зависит от класса точности, *рис. 5*, стр. 11.

### Допуски

Допуски являются средними арифметическими величинами. Они отнесены к центру сопрягаемых и закрепляемых винтами поверхностей каретки.

Размеры  $H$  и  $A_1$  всегда остаются в пределах допуска, независимо от того, в каком месте направляющего рельса находится каретка, см. табл.

Базовые размеры  $H$  и  $A_1$  см. на *рис. 6*.

### Точность перемещения

На точность перемещения влияет точность сопрягаемой конструкции.

### Допуски классов точности

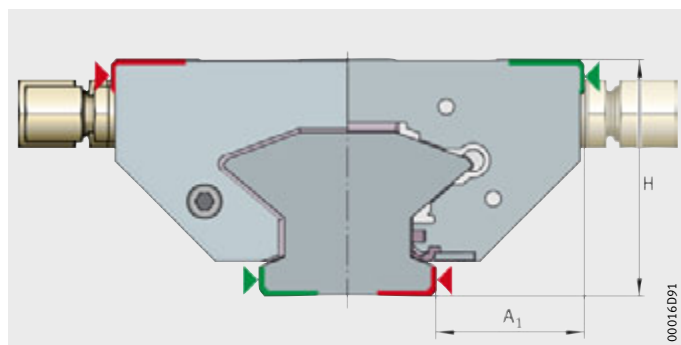
Допуск		Класс точности	
		G0 мкм	G1 <sup>1)</sup> мкм
Допуск высоты	$H$ <sup>3)</sup>	$\pm 5$	$\pm 10$
Разность высот <sup>2)</sup>	$\Delta H$	3	5
Допуск расстояния	$A_1$ <sup>3)</sup>	$\pm 5$	$\pm 10$
Разность расстояний <sup>2)</sup>	$\Delta A_1$	3	7

1) Стандартный класс точности.

2) Разность между несколькими каретками на одном и том же рельсе, измеренная в одном и том же месте рельса.

3) Теоретическое значение, полученное технологическим методом.

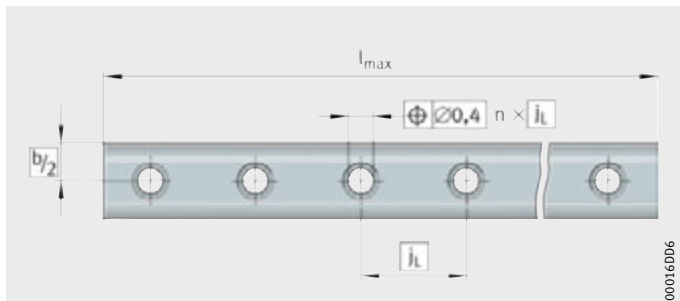
Рисунок 6  
Базовые размеры  
для нормирования точности



**Позиционные допуски  
и допуски длины  
направляющего рельса**

Позиционные допуски и допуски длины направляющих рельсов см. табл. и рис. 7.

Расположение отверстий соответствует DIN ISO 1101.



*Рисунок 7*  
Позиционные допуски  
и допуски длины  
направляющих рельсов

**Допуски длины  
направляющих рельсов**

Условное обозначение	Допуск направляющих рельсов, в зависимости от длины $l_{max}$ <sup>1)</sup>		
	$\leq 1\ 000$ мм	$> 1\ 000$ мм $< 3\ 000$ мм	$> 3\ 000$ мм
TSH45	-1 мм	-1,5 мм	$\pm 0,1\%$ длины рельса

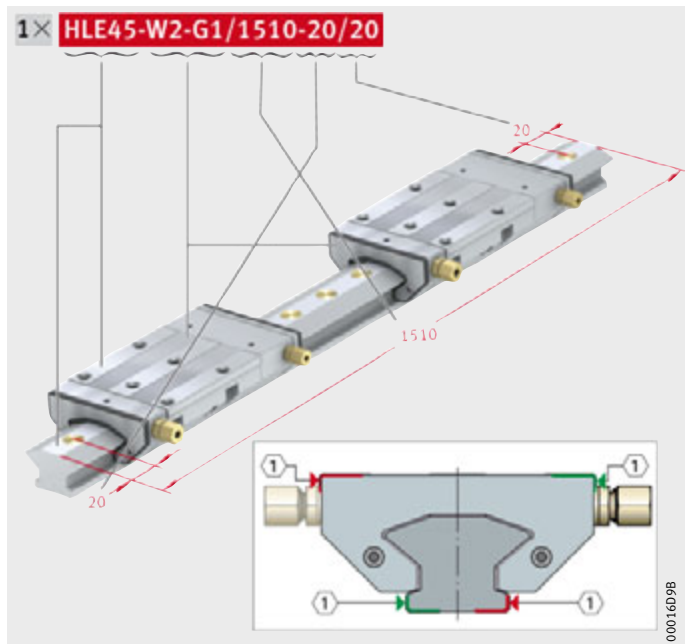
<sup>1)</sup> Длину  $l_{max}$  см. в табл. размеров.

# Компактная гидростатическая линейная направляющая

**Пример обозначения  
для заказа**  
**Симметричное  
расположение отверстий**

Компактная гидростатическая направляющая	HLE
Обозначение размерной серии	45
Количество кареток на одном рельсе	W2
Класс точности	G1
Длина направляющего рельса	1 510 мм
$a_L$	20 мм
$a_R$	20 мм

Обозначение для заказа 1×HLE45-W2-G1/1510-20/20, рис. 8



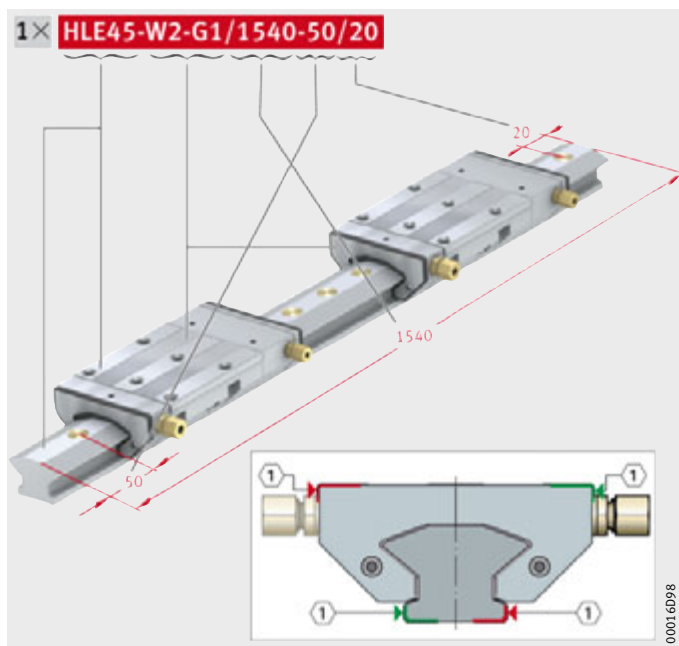
① сопрягаемая сторона

Рисунок 8  
Пример заказа,  
обозначение для заказа

**Несимметричное  
расположение отверстий**

Компактная гидростатическая направляющая	HLE
Обозначение размерной серии	45
Количество кареток на одном рельсе	W2
Класс точности	G1
Длина направляющего рельса	1 540 мм
$a_L$	50 мм
$a_R$	20 мм

Обозначение для заказа 1×HLE45-W2-G1/1540-50/20, рис. 9

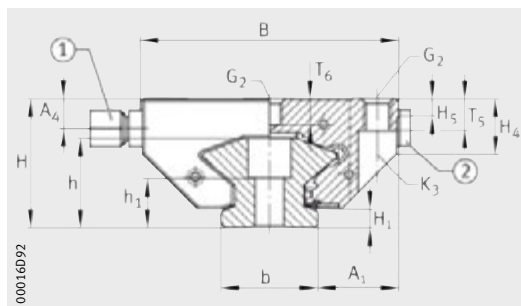


① сопрягаемая сторона

Рисунок 9  
Пример заказа,  
обозначение для заказа



# Компактная гидростатическая линейная направляющая



HLE45  
①, ② 1)

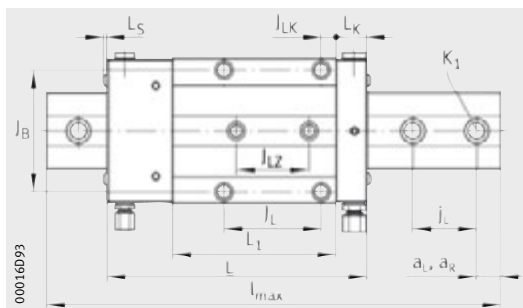
Таблица размеров · Размеры в мм

Условное обозначение	Каретка		Рельс			Размеры				Присоединительные размеры				
	Условное обозначение	Масса т ≈кг	Условное обозначение	Масса т ≈кг	Заглушки рельса	$l_{\max}^{2)}$	H	B	L	A <sub>1</sub>	J <sub>B</sub>	b -0,005 -0,035	L <sub>1</sub>	L <sub>S</sub>
<b>HLE45</b>	HLW45	6	TSH45	12,4	KA20-M	5 900	60	120	226,5	37,5	100	45	134,2	2,2

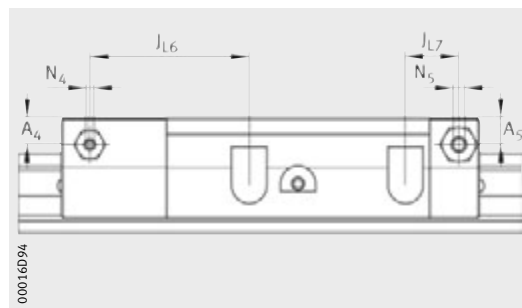
- 1) ① штуцер  
② заглушка  
Расположение штуцеров и заглушек может быть изменено.
- 2) Поставляются только цельными с максимальной длиной рельса 5 900 мм.  
Стыковка направляющих рельсов не допускается.
- 3)  $a_L$  и  $a_R$  зависят от длины направляющего рельса.

Таблица размеров (продолжение) · Размеры в мм

Условное обозначение	Крепежные винты						Расположение гидравлических подключений					
	G <sub>2</sub> DIN ISO 4 762-12.9		K <sub>1</sub>		K <sub>3</sub>		A <sub>4</sub>	N <sub>4</sub>	J <sub>L6</sub>	A <sub>5</sub>	N <sub>5</sub>	J <sub>L7</sub>
	M <sub>A</sub> H <sub>M</sub>		M <sub>A</sub> H <sub>M</sub>		M <sub>A</sub> H <sub>M</sub>							
<b>HLE45</b>	M12	140	M12	140	M10	83	13,8	4	81,6	13,8	6	27,3

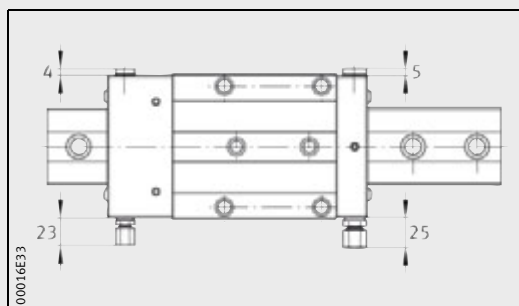


HLE45 · Повернуто на 90°



Гидравлическое подключение сбоку

														Грузоподъемность при 10 МПа в направлении нагрузок		
L <sub>K</sub>	J <sub>L</sub>	J <sub>LK</sub>	J <sub>LZ</sub>	j <sub>L</sub>	a <sub>L</sub> , a <sub>R</sub> <sup>3)</sup>		H <sub>1</sub>	H <sub>5</sub>	H <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	h	h <sub>1</sub>	прижи- мающая Н	отрыва- ющая Н	боковая Н
					мин.	макс.										
31	80	12,1	60	52,5	20	41	8,7	8	25,8	15	10	41,5	±0,5 23	22 000	17 400	7 500



Заглушки и штуцерные соединения

**ООО «Шэфлер Русланд»**

Ленинградский проспект 47, стр.3  
Бизнес-центр Avion  
125167 Москва, Российская Федерация  
Телефон +7 (495) 737-76-60  
Телефакс +7 (495) 737-76-61  
E-Mail [info.ru@schaeffler.com](mailto:info.ru@schaeffler.com)  
Internet [www.schaeffler.ru](http://www.schaeffler.ru)

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

© Schaeffler Technologies GmbH & Co. KG  
Издание: 2011, июнь

Перепечатка, в том числе частичная, разрешается только с нашего согласия.

TPI 149 RUS-RUS