

## 2. Физико-химические свойства огнеупоров

1. Макроструктура ( пористость, газопроницаемость, удельная поверхность, характеристика текстуры).

1.1 Пористость. Различают открытые, закрытые поры. Поэтому различают общую пористость и открытую (кажущуюся).

$$P_{\text{отк}} = ((a_2 - a_1) / V) \times 100$$

динас - 20-25;

шамот - 24-30;

высокоглиноземистые огнеупоры - 10-30;

периклазовые огнеупоры - < 25;

периклазо-хромитовые огнеупоры - < 23.

$$V = ((a_2 - a_1) / a_1) \times 100, \text{ водопоглощение (примеры)}$$

1.2 Газопроницаемость

Используют при оценке равномерности структуры, отношение к шлакоустойчивости.

$$K = 18,4 \times 1000 ( Q_L / S \Delta p ), \text{ нПм – наноперм (от лат. проницаемость)}$$

K- коэффициент газопроницаемости, Q – расход воздуха, L – высота образца, S – площадь сечения,  $\Delta p = p_1 - p_2$  – перепад давления, 18,4 – коэффициент, учитывающий вязкость воздуха при T=20.

1.3 Удельная поверхность, анизотропия текстуры, удельная поверхность.

## 2. Физико-химические свойства огнеупоров

### • 2. Прочностные свойства

#### 2.1 Механическая прочность

Огнеупоры при комнатной температуре характеризуется хрупким разрушением при сжатии. В качестве показателя используется предел прочности при сжатии  $\sigma_{сж}$ . Для обычных изделий  $\sigma_{сж} = 20-50$  МПа, для плотных – до 100 МПа, прочность зависит от пористости.

- Значения  $\sigma_{сж}$  для некоторых огнеупоров такие, МПа:
- динасовые - 17,5-25; шамотные - > 25; высокоглиноземистые огнеупоры - > 45; периклазовые огнеупоры - > 40; хромопериклазовые огнеупоры - > 25.

Огнеупорные материалы определяются мерой хрупкости. Механическая прочность при высоких Т.

#### 2.2 Температура деформации под нагрузкой

определяется под нагрузкой 0,2 МПа. При этом отмечают температуру начала деформации (размягчения), 4 % и 40 % сжатие образца высотой 50 мм и диаметром 36 мм. Деформация под нагрузкой при высоких температурах определяется количеством образующейся жидкой фазы и ее распределением в образце. Температура 4 % деформации является по существу предельной температурой службы огнеупора, а 40 % деформации – температурой разрушения образца.

Огнеупор и его характеристика	Количество стекла, % масс.	Огнеупорность, °С	Температура деформации под нагрузкой 0,2 Н/мм <sup>2</sup> , °С		Интервал деформации, °С
			начало размягчения	40 %-ное сжатие	
1. Динасовый (96 % масс. $SiO_2$ )	10-15	1730	1660	1670	10
2. Периклазовый (92 % масс. $MgO$ )	5-8	2300	1550	1580	30
3. Шамотный (40 % масс. $Al_2O_3$ + 55 % масс. $SiO_2$ )	~ 50	1750	1400	1600	200
4. Корундовый (99 % масс. $Al_2O_3$ )	~ 0,5	2050	1900	1950	50

## 2. Физико-химические свойства огнеупоров

- 2.3 Ползучесть - необратимая пластическая деформация материала при высокой температуре под воздействием напряжений, меньших предела прочности.

Зависит от структуры, пористости, примесей, условия эксплуатации.

По увеличению ползучести массовые огнеупоры располагаются в следующий ряд: диасовые <высокоглиноземистые <периклазовые <шамотные.

### 3. Теплофизические свойства

3.1 Теплоемкость - количество тепла, затрачиваемое на повышение температуры единицы массы тела на 1 градус. Теплоемкость огнеупоров 0,84-0,96 кДж(кгК), средняя удельная – 1,04-1,26.

3.2 Термический коэффициент линейного расширения – это увеличение линейных размеров тела при нагревании на 1 К, т. е. приростом их линейных размеров по отношению к первоначальным размерам при нагревании на 1°. Коэффициент линейного температурного расширения большинства огнеупорных изделий в пределах температур до 1000° С не превышает десятых долей процента от их первоначальных линейных размеров при комнатной температуре. **Наибольший коэффициент линейного температурного расширения имеют магнезитовые изделия – 0,000013—0,000014 град-1, а наименьший карбидкремневые – 0,0000047 град-1. У шамотных изделий коэффициент линейного температурного расширения находится в пределах 0,0000052— 0,0000058 град-1.**

Показатель зависит от физико-химических реакций и температуре обжига.

## 2. Физико-химические свойства огнеупоров

### 3.3 Температурные швы

Огнеупоры должны иметь возможность свободного расширения при нагревании. При кладке принимают следующие предельные расширения в интервале температур 20-1000 С, %

Шамотные – 0,5-0,7, диасовые -1,2-1,4, магнезитовые – 1,3-1,4, хромомagneзитовые – 0,8-0,9, форстеритовые – 1,1.

Температурные (толщина) швы, мм/1 пог. м кладки, принимают равными: Шамотная – 5,2-7,8, Диасовая – 10,4-15,6, Магнезитовая – 20,8, Хромомagneзитовая – 15,6, корундовая – 14,2.

3.4 Теплопроводность, (Вт/м\*К) - зависит от составляющих фаз и характера их структуры и определяется той фазой, которая является сплошной средой.

**Аккумулирующая способность огнеупоров**, ( $\text{Вт}\cdot\text{с}^{0,5}/\text{м}^2\cdot\text{К}$ ) характеризует способность материала принимать при нагреве и отдавать при охлаждении теплоту. Эта величина имеет большое значение при выборе огнеупоров, работающих в

Огнеупор	Теплопроводность, Вт/м·К			Теплоемкость, кДж/кг·К			Температуропроводность, м <sup>2</sup> /с			Плотность, г/см <sup>3</sup>
	20	500	1000	20	500	1000	20	500	1000	
шамот	1,16	1,34	1,51	0,83	1,0	1,08	0,70	0,67	0,70	2,0
диас	1,16	1,40	1,63	0,79	0,96	1,0	0,77	0,77	0,86	1,9
периклаз	5,82	4,66	3,50	0,92	1,08	1,08	2,42	1,66	1,25	2,6
корунд	29,1	10,0	5,82	0,83	1,0	1,08	9,2	2,74	1,42	3,8

## 2. Физико-химические свойства огнеупоров

- 3.5 Температуропроводность,  $(\text{м}^2/\text{с})$  – характеризует скорость распространения температуры. Температуропроводность и теплопроводность являются двумя из наиболее важных параметров веществ и материалов, поскольку они описывают процесс переноса теплоты и изменение температуры в них. Величина коэффициента температуропроводности зависит от природы вещества.

При температуре выше 1600-1800 огнеупоры начинают испаряться

### 4. Термические свойства

4.1 Постоянство объема (дополнительные рост и усадка). Важный критерий при подборе огнеупоров для футеровки.

- 4.2 Термостойкость – способность огнеупоров противостоять, не разрушаясь, колебаниям температуры при нагревании или охлаждении. Термостойкость характеризуется числом теплосмен, т.е. циклов нагрева и охлаждения. Различают водяные и воздушные теплосмены.
- При водяных теплосменах образец (кирпич 230x113x65 мм) нагревают до 1300°C, выдерживают его 10 мин при этой температуре, а затем охлаждают в проточной воде (5-25°C) в течение 5 мин. Эти циклы (теплосмены) продолжают до тех пор, пока образец не потеряет 20 % первоначальной массы. Большое влияние на термостойкость оказывает химико-минералогический состав и зерновой состав огнеупора.
- Термостойкость  $T_{с_{1300}}$  – вода некоторых огнеупоров равна: динасовых – 1-2; шамотных – 10-25; высокоглиноземистых – 15-20; периклазовых – 1-2; периклазохромитовых – 5-20.
- При воздушных теплосменах кирпич нагревают до 800°C и охлаждают в потоке компрессорного воздуха до потери 20 % массы. В настоящее время этот метод не используется.

## 2. Физико-химические свойства огнеупоров

4.3 Усталость. Огнеупоры часто испытывают циклические нагрузки, сопровождающиеся расширением и сжатием. В некоторых конструктивных элементах кладки изменения размеров огнеупоров не могут компенсироваться температурными швами (арочные своды), в огнеупорах накапливаются переменные по знаку напряжения. На усталость огнеупоров влияет температура, продолжительность нагрева, время простоя, разогрев футеровки.

4.4 Термическое старение. Длительная служба приводит к разрушению огнеупоров. Характер разрушения отличается от обычного шлакоразъедания или растрескивания при термическом ударе. Процессы связаны с перерождением структуры, при которых увеличивается пористость, ползучесть, снижается прочность, термостойкость.

5. Химическая стойкость - способность огнеупоров не разрушаться в результате различных химических реакций – коррозии (переход их твердого в жидкое). При взаимодействии шлака с огнеупором бывают два крайних случая. (пример)

5.1 Шлакоустойчивость – процесс взаимодействия огнеупоров со шлаками включает в себя пропитку, смачивание и растрескивание, растворение, химические реакции, эрозию. Большую роль в процессе играет пористость.

Динасовые и алюмосиликатные огнеупоры образуют с FeO наиболее легкоплавкие расплавы; периклазовые обладают минимальной растворимостью, оксид кальция с динасовыми и алюмосиликатными огнеупорами образует легкоплавкие соединения, а с MgO высокоогнеупорные составы. По этой причине MgO и CaO находят широкое применение для футеровки мартеновских печей и кислородных конвертеров.

# 1. Формы изделий, размеры и отклонения, поверхности

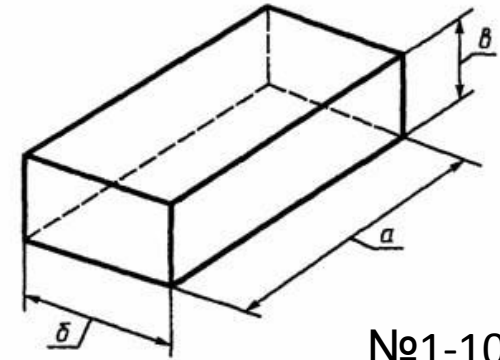
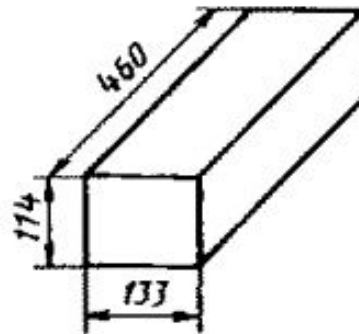
Обозначение , марка	Размеры, мм	Форма
ШБ-5	230 x 114 x 65	прямой
ШБ-6	230 x 114 x 40	прямой (пещадка)
ШБ-8	250 x 124 x 65	прямой
ШБ-9	300 x 150 x 65	прямой
ШБ-22	230 x 114 x 65/55	клин торцовый
ШБ-23	230 x 114 x 65/45	клин торцовый
ШБ-25	250 x 114 x 65/55	клин торцовый
ШБ-44	230 x 114 x 65/55	клин ребровой
ШБ-45	230 x 114 x 65/45	клин ребровой
ШБ-29, 30	300 x 150 x 65/55 (65/45)	клин торцовый
ШБ-47	250 x 114 x 65/55	клин ребровой
ША-5	230 x 114 x 65	прямой
ША-6, ША-14	230 x 114 x 40	прямой
ША-8	250 x 124 x 65	прямой
ША-9	300 x 150 x 65	прямой
ША-22	230 x 114 x 65/55	клин торцовый
ША-23	230 x 114 x 65/45	клин торцовый
ША-25	230 x 114 x 65/45	клин торцовый
ША-29, ША-30	300x150x65/55	клин торцовый
ША-44, ША-45, ША-49	230 x 114 x 65/55 (65/45)	клин ребровой



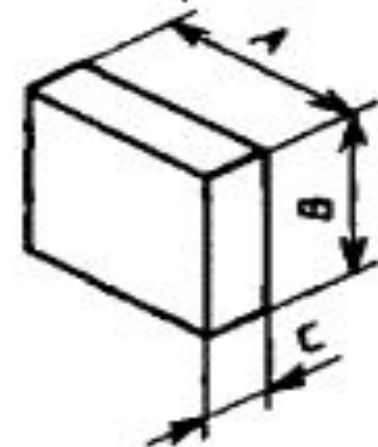
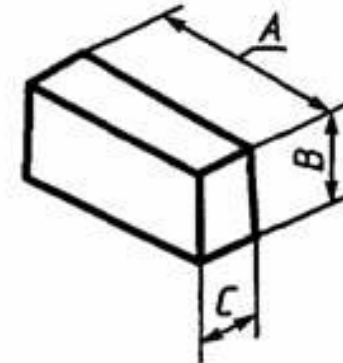
# 1. Формы изделий, размеры и отклонения, поверхности

Тип кирпича	Серия 64 мм	Серия 76 мм
Прямоугольный <sup>1</sup>	A x B x C 230 x 114 x 64 230 x 172 x 64 345 x 114 x 64	A x B x C 230 x 114 x 76 230 x 172 x 76 345 x 114 x 76
Лещадка	A x B x C 230 x 114 x 32	A x B x C 230 x 114 x 38
Плитка	A x B x C 230 x 230 x 64	A x B x C 230 x 230 x 76
<sup>1</sup> В Северной Америке «прямоугольный» известен как «прямой». <sup>2</sup> Буквы, обозначающие размеры, относятся только к чертежам данной таблицы.		

ГОСТ 8691 Изделия  
огнеупорные общего  
назначения



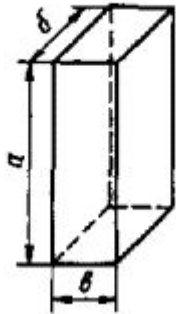
№1-10



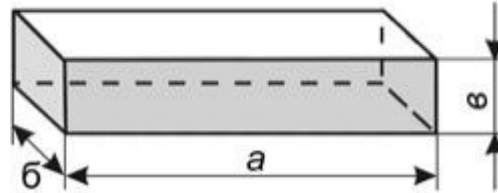


# 1. Формы изделия, размеры и отклонения, поверхности

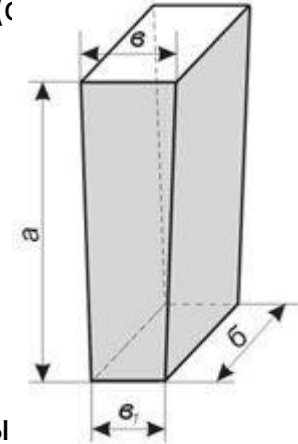
Кирпич прямой полуторный



T



тин торцевой (с



Размеры: (ахбхв) – 230х172х75 (65), Размеры: (ахбхв) – 172х117х75 (65)

250х187х75 (65), 300х225х65

187х124х75 (65)

размеры

№ 11-15

№ 16-19

ахбхвхв1 – 230х114х75х65 (55)

230Х114Х65Х55 (45),

2. Клин ребровый

(двусторонний и односторонний)

250Х124Х75Х65, 250Х124Х55(45)

172х114х65х55 (45), 300х150х65 (55, 45)

Размеры: ахбхвхв1 – 230х114х75х65 (55), № 20-32

230х114х75х65(55)

230х114х65х55 (45)

230х150х65х55 (45)

250х174х75х65 (55)

250х124х65х55 (45)

№ 42-48

№ 20-32,

клин торцевой полуторный № 33-41

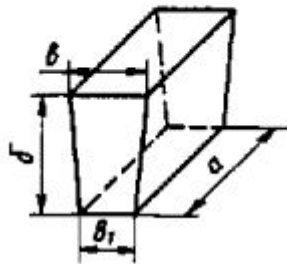
Размеры : 230Х172Х75Х65 (55)

230Х172Х65Х55 (45),

250Х187Х75Х65

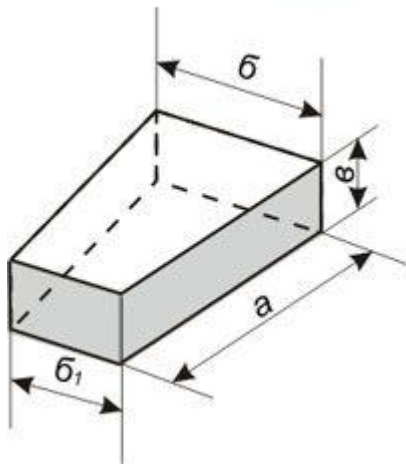
250Х187Х65Х55 (45)

300Х225Х65Х55 (45)

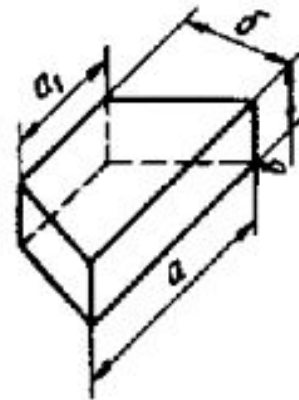


# 1. Формы изделий, размеры и отклонения, поверхности

Клин трапецеидальный (двусторон. и одностор.)    клин трапецеидальный поперечный



Клин  
ГОСТ  
шам  
массового произ  
ГОСТ  
высо  
й (39, МКЦ, МКРЦ,



ГОСТ  
ГОСТ  
для футеровки сталеразливочных

51262.2 Изделия огнеупорные  
ия  
зные  
щего назначения и

орные и  
теровки вращающихся  
МЛЦ, ПШЦ, ШЦП-1,3, ХПЦ,  
упорные

ковшей (более 45 типоразмеров)

№ 49-54, размеры: ахбхб1хв  
ШКП,

230x114x96x65

230x114x76x65

230x114x56x65

345x150x125x75

345x150x90x75

345x150x80x75

№ 55-59, размеры: аха1хбхв

230x180x114x65

230x190x114x65

230x200x114x65

230x210x114x65

230x220x114x65

ВГПУ, ПУПК, ПУСК, АПУК, ШКУ,

КВКБ, МКРП, МККС.

ГОСТ 1566-96 Изделия огнеупорные

динасовые для электросталепла-  
вильных печей, марки ЭД, ЭД-1.,  
18 типоразмеров

# 1. Формы и размеры изделий, отклонения

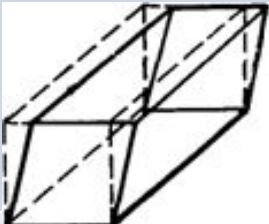
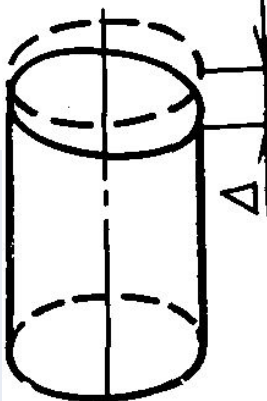
- 1. Формы изделий, размеры и отклонения, поверхности

**рабочая поверхность изделия:** Поверхность изделия, находящаяся в контакте с расплавом металла или шлака.

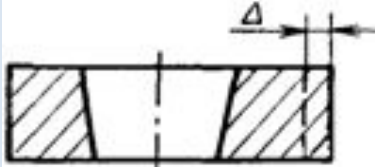
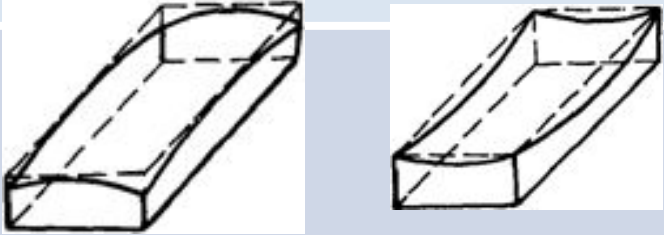

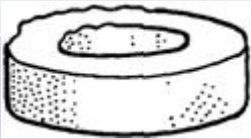
**шовная поверхность изделия:** Поверхность изделия, по которой огнеупорные изделия соединяются между собой.

**поверхность изделия, обращенная к кожуху:** Поверхность изделия, противоположная рабочей поверхности.

**ГОСТ 28833 Дефекты огнеупорных изделий**






Термин	Определение	Чертеж
Косоуголь-ность	Дефект в виде отклонения угла между плоскостями (поверхностями) изделия от прямого угла	
Скошен-ность	Дефект изделия, имеющего форму тел вращения, в виде отклонения угла между торцевой поверхностью и горизонтальной осью от прямого угла	

# 1. Формы и размеры изделий, отклонения




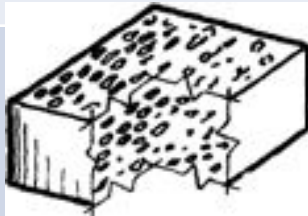

Разнотолщина	Дефект в виде разной толщины между противополож. поверхностями (или в любом сечении)	
Кривизна (вогнутость, выпуклость)	Дефект в виде отклонения от прилегающей поверхности, при котором удаление точек поверхности изделия от этой плоскости увеличивается или уменьшается от краев к середине	 
Отбитости углов, ребер, кромок	-	
Заусеница на поверхности	Дефект в виде сплошного или прерывистого выступа на ребрах, кромках, образовавшийся при формовании	

Впадина, выбоина, вмятина, царапина



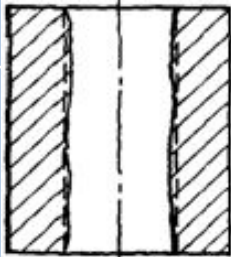
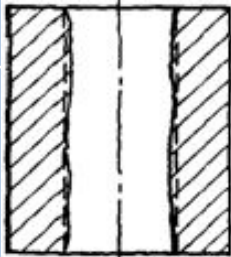
# 1. Формы и размеры изделий, отклонения

Налип	Дефект в виде выступа, образовавшегося в результате прилипания к поверхности огнеупорного материала	
Выкрошенность зерен	Дефект в виде углубления, образовавшегося выпадения зерен	-
Трещина	Дефект в виде разрыва целостности материала шириной более 0,5 мм	
Посечка	Дефект в виде разрыва целостности материала шириной менее 0,5 мм	
Сетка трещин и посечек	Дефект в виде трех и более взаимнопересекающихся посечек и трещин	
Пустота (раклвина)	Дефект в виде незаполненного пространства (полости)	

# 1. Формы и размеры изделий, отклонения

Выплавка	Дефект в виде сплавленных участков с углублением, образовавшегося в результате плавления различных примесей	
Мушка	Дефект поверхности в виде пятна до 1 мм	
Посторонние включения	Дефект в виде участка, имеющего границу раздела фаз с огнеупором	
Неоднородность	Дефект с неравномерным распределением заполнителя и керамич. связки	
Участок без глазури	Дефект в виде участка с механическим повреждением глазури без выгорания графита	

# 1. Формы и размеры изделий, отклонения

Выгорание углерода с поверхности изделия	Дефект поверхности в виде участка, отличающегося по цвету от изделия и образовавшийся в результате выгорания графита	
Вспученность	Дефект в виде локализованных вздутий, сопровождающихся нарушением поверхности	 
Волнистость поверхности	Дефект поверхности в виде папльвов, образовавшихся при охлаждении расплава, виброформовании	
Слоистость, расслоение	Дефект в виде двух и более слоев с различной макроструктурой	-

Внутренние дефекты: непропрессовка, непромесс, перепрессовка, трещины, пустоты, посторонние включения. Пережог, недожог.

# 1. Формы и размеры изделий, отклонения

- [ГОСТ 162-90](#) Штангенглубиномеры. Технические условия
- [ГОСТ 164-90](#) Штангенрейсмасы. Технические условия
- [ГОСТ 166-89](#) (ИСО 3599-76) Штангенциркули. Технические условия
- [ГОСТ 427-75](#) Линейки измерительные металлические. Технические условия
- [ГОСТ 2310-77](#) Молотки слесарные стальные. Технические условия
- [ГОСТ 3749-77](#) Угольники поверочные 90°. Технические условия
- [ГОСТ 7502-98](#) Рулетки измерительные металлические. Технические условия
- [ГОСТ 8026-92](#) Линейки поверочные. Технические условия
- [ГОСТ 8179-98](#) (ИСО 5022-79) Изделия огнеупорные. Отбор образцов и приемочные испытания
- [ГОСТ 10905-86](#) Плиты поверочные и разметочные. Технические условия
- [ГОСТ 15136-78](#) Изделия огнеупорные. Метод измерения глубины отбитости углов и ребер
- [ГОСТ 20010-93](#) Перчатки резиновые технические. Технические условия
- [ГОСТ 25706-83](#) Лупы. Типы, основные параметры. Общие технические требования
- [ГОСТ 28833-90](#) Дефекты огнеупорных изделий. Термины и определения
- [СТ СЭВ 543-77](#) Числа. Правила записи и округления



# 1. Формы и размеры изделий, отклонения

В миллиметрах

Наименование изделия	Предельные отклонения для классов			
	I	II	III	IV
Прямые изделия нормальных размеров:				
длина	$\pm 3$	$\pm 4$	$\pm 5$	$\pm 5$
ширина	$\pm 2$	$\pm 2$	$\pm 3$	$\pm 4$
толщина	$\pm 2$	$\pm 2$	$\pm 2$	$\pm 3$
Фасонные изделия размерами:				
до 100 мм включ.	$\pm 2$	$\pm 2$	$\pm 2$	$\pm 3$
св. 100 до 250 мм включ.	$\pm 2$	$\pm 3$	$\pm 3$	$\pm 4$
св. 250 до 300 мм включ.	$\pm 3$	$\pm 4$	$\pm 4$	$\pm 5$
св. 300 до 400 мм включ.	$\pm 5$	$\pm 6$	$\pm 6$	$\pm 6$
св. 400 мм, %	$\pm 1,5$	$\pm 2,0$	$\pm 2,0$	$\pm 3,0$

До 100 мм -  $\pm 1$  мм

100-200 мм -  $\pm 1,5-2$  мм

Свыше 300 мм -  $\pm 2-3$  мм.

## 1. Формы и размеры изделий, отклонения

- Вопросы для самоконтроля
- 1. Дайте понятие термину «огнеупоры»
- 2. Дайте понятие термину «огнеупорность»
- 3. Приведите не менее 3 принципиальных отличий формованных и неформованных огнеупоров.
- 4. Дайте понятие терминов: торец, плашка,
- Ребро, рабочая поверхность.
- 5. Напишите по пять важнейших свойств формованных и неформованных огнеупоров