



НОВЫЕ СТАЛИ ДЛЯ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

проф., д.т.н. Одесский Павел Дмитриевич

Химический состав сталей по ГОСТ 27772-88

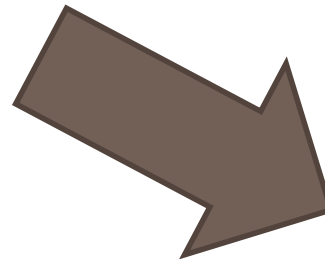
Сталь	Массовая доля элементов, %										Аналоги	
	С (не более)	Mn	Si	S (не более)	P (не более)	Cr	Ni	Cu (не более)	V	Другие элементы	Сталь	Стандарт
C235	0,22	≤0,60	≤0,05	0,05	0,04	≤0,3	≤0,3	0,3	-	-	Ст3 кп	ГОСТ 535-88 ГОСТ 14637-89
C 245 C275	0,22	≤0,65	0,05-0,15	0,05	0,04	≤0,3	≤0,3	0,3	-	-	Ст3 пс	ГОСТ 535-88 ГОСТ 14637-89
C255 C285	0,22	≤0,65	0,05-0,3	0,05	0,04	≤0,3	≤0,3	0,3	-	-	Ст3 сп	ГОСТ 535-88 ГОСТ 14637-89
C345 C375	0,15	1,30-1,70	≤0,8	0,04	0,035	≤0,3	≤0,3	0,3	-	-	09Г2С 12Г2С	ГОСТ 19281-89
C390	0,18	1,2-1,6	≤0,6	0,04	0,035	≤0,3	≤0,3	0,3	0,07-0,12	N 0,015-0,025	14Г2АФ	ГОСТ 19281-89
C440	0,20	1,3-1,7	≤0,6	0,04	0,035	≤0,3	≤0,3	0,3	0,08-0,14	N 0,015-0,025	16Г2АФ	ГОСТ 19281-89
C590	0,14	0,9-1,4	0,2-0,5	0,035	0,035	0,0-0,5	1,4-1,75	0,3	0,05-0,1	Mo 0,15-0,25 N 0,02-0,03 Al 0,05-0,1	12ГН2МФАЮ	ТУ

Марка стали	Технические условия	Характеристика проката	Свойства
15ХСНДА, 10ХСНДА	ТУ 14-1-5120- 2008	Толстолистовой, хладостойкий, коррозионно-стойкий для мостостроения и ответственных строительных конструкций	$\sigma_T = 345$ и 390 Н/мм ² , $KCV^{-40} \geq 29$ Дж/см ² , гарантированные Z-свойства $\Psi_z \geq 15$ %
C345ПЛ, C390ПЛ, C500ПЛ	ТУ 14-1-5429-2001	Толстолистовой для строительных конструкций в северном исполнении	$\sigma_T = 350$ — 500 Н/мм ² , $KCV^{-50} \geq 34$ Дж/см ²
12ХГНМДБА	ТУ 14-1-5446-2002	Толстолистовой для ответственных сварных металлических конструкций	$\sigma_T = 690$ Н/мм ² , $KCU^{-70} \geq 49$ Дж/см ² , $KCV^{-40} \geq 49$ Дж/см ²
06БФ, 06МБФ	ТУ 14-1-5399-2000	Толстолистовой с повышенной огнестойкостью	$\sigma_T = 255$ и 355 Н/мм ² , $\sigma_T^{600^\circ C} \geq 0,5 \sigma_T^{20^\circ C}$

Применение сталей второго поколения

Объект	год	Сталь	Толщина , мм	σ_t , Н/мм ²	Элементы		KCV ⁻⁴⁰ =29 Дж/см ² °C	K _{IC} ⁻⁷⁰ , МПа√м	T _{min} °C	Ψ _z %
					S, %	P, %				
БСА, Лужники	1996	10ХСНД	40	430	0,015	0,015	-40	120	-40	15
Старый Гостинный двор	1998	10ХСНД	40	420	0,017	0,015	-40	150	-40	15
Стадион Локомотив	2002	10ХСНД	30	430	0,015	0,015	-60	170	-40	25
А – Арбат центр	2001	10ХСНД	50	420	0,007	0,013	-70	130	-60	65
Стальной каркас в северном исполнении (Казахстан)	2001	12ХГНБ (С 345 п1)	40	370	0,009	0,010	-60		-40	
Эстакада в северном исполнении (Якутск)	2003	09Г2СФ Б	40	448	0,007	0,012	-70		-60	46
Крытый конькобежны й центр (Крылатское)	2003	10ХСНД	50	390	0,005	0,010	-70	140	-70	60
Огнестойкая сталь	2004	06МБФ	40	410	0,005	0,010	-70		-70	80
Ледовый дворец (ходинское поле)	2006	10ХСНД	40	452	0,006	0,006	-60	170	-70	55

Л-образная опора.
Конькобежный центр в Крылатском (г. Москва)



Требования по ударной вязкости СП 16.13330. 2011

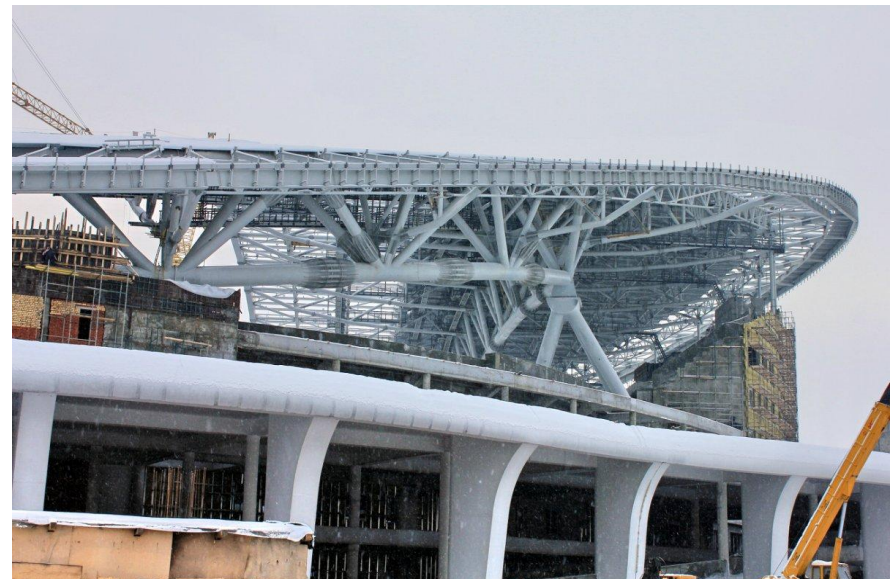
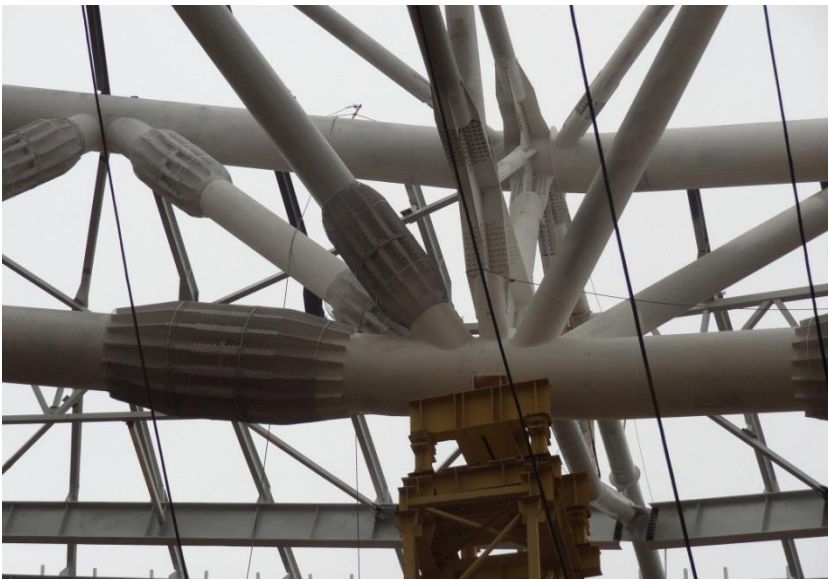
Расчетные температуры, °C	Группа конструкций	Нормируемые показатели ударной вязкости для проката с пределом текучести, Н/мм ²			
		$R_{yn} < 290$	$290 \leq R_{yn} < 390$	$390 \leq R_{yn} < 490$	$R_{yn} \geq 490$
$t \geq -45$	1	KCA + KCV	KCV ⁻²⁰	KCV ⁻⁴⁰	KCV ⁻⁶⁰
	2	То же	То же	То же	То же
	3	»	»	»	»
$-45 > t \geq -55$	1	KCA + KCV ⁻²⁰	KCV ⁻⁴⁰	KCV ⁻⁴⁰	KCV ⁻⁶⁰
	2	KCA + KCV ⁰	KCV ⁻²⁰	То же	То же
	3	То же	То же	»	»
$t < -55$	1	KCA + KCV ⁻²⁰	KCV ⁻⁴⁰	KCV ⁻⁶⁰	KCV ⁻⁶⁰
	2	То же	То же	То же	То же
	3	»	»	»	»

Примечания

1 KCV – ударная вязкость на образцах V – образным надрезом (тип 11 по ГОСТ 9454), индекс t (KCV^t) – регламентированная температура испытания на ударный изгиб, отсутствие индекса означает температуру +20°C; KCA – ударная вязкость при температуре +20°C при испытании образцов типа 1 по ГОСТ 9454 с V – образным надрезом после деформационного старения.

2 Нормы ударной вязкости:

- 1) для сталей с $R_{yn} < 290$ Н/мм² – KCV = KCV⁻²⁰ = 34 Дж/см² на продольных образцах и 25 Дж/см² на поперечных образцах; KCA = 29 Дж/см²;
- 2) для сталей с $290 \leq R_{yn} < 390$ Н/мм² – KCV⁰ = KCV⁻²⁰ = KCV⁻⁴⁰ = 34 Дж/см² на продольных образцах и 25 Дж/см² на поперечных образцах;
- 3) для сталей с $390 \leq R_{yn} < 490$ Н/мм² – KCV⁻⁴⁰ = KCV⁻⁶⁰ = 25 Дж/см²;
- 4) для сталей с $R_{yn} \geq 490$ Н/мм² – KCV⁻⁶⁰ = 25 Дж/см².



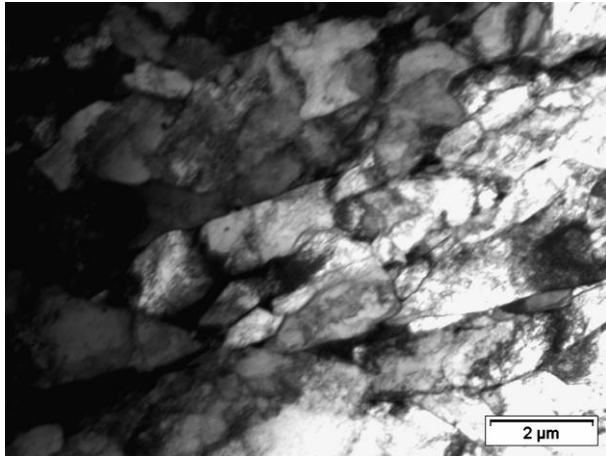
Химический состав металл труб большого диаметра по результатам контрольных испытаний, %

Pipe	Element content, %						
	C	Mn	Mo	Nb	V	S	P
1	0.07	1.55	0.1	0.05	0.08	0.002	0.01
2	0.08	1.51	0.01	0.04	0.05	0.003	0.01
3	0.07	1.39	0.22	0.05	0.03	0.004	0.01

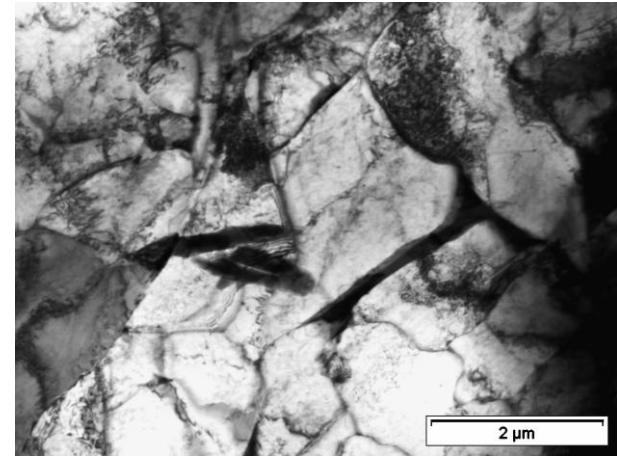
Механические свойства металла труб большого диаметра

Сортамент труб, мм	σ_T , Н/мм ²	σ_B , Н/мм ²	δ_5 , %	ψ_z , %	KCV-40, Дж/см ²	KCV-60, Дж/см ²	KCV-20, Дж/см ²	HV, Дж/см ²
Ø 1420×45,8	520–670	610–700	20–28	60–70	> 300	175–300	127–300	219–254
Ø 1220×30	480–460	570–620	20–30	70–81	> 300	275–300	195–300	183–138
Ø 80×40	520–600	510–610	22–27	72–76	> 300	180–325	300–325	193–230

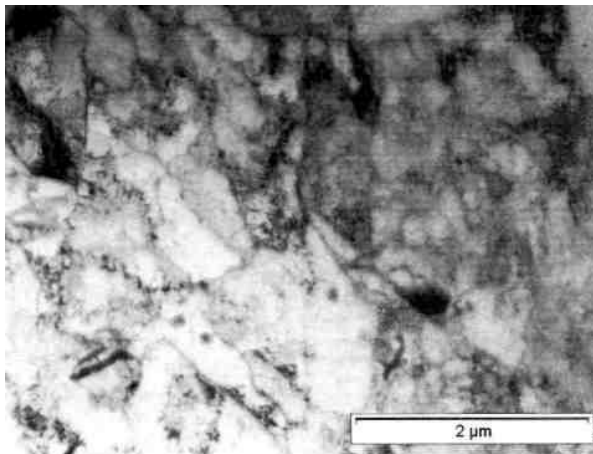
Тонкая структура металла



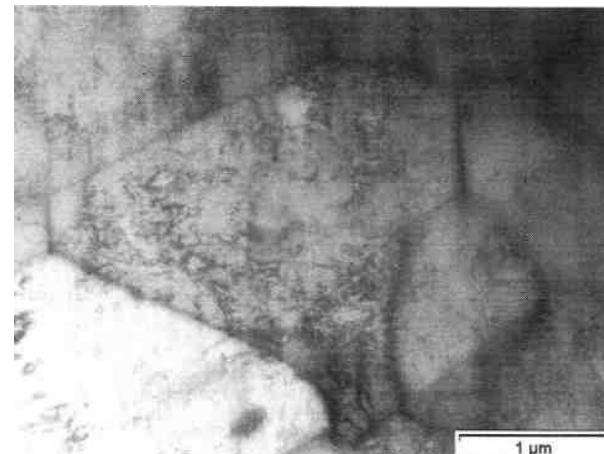
а – вариант Б – середина стенки



б – вариант Г

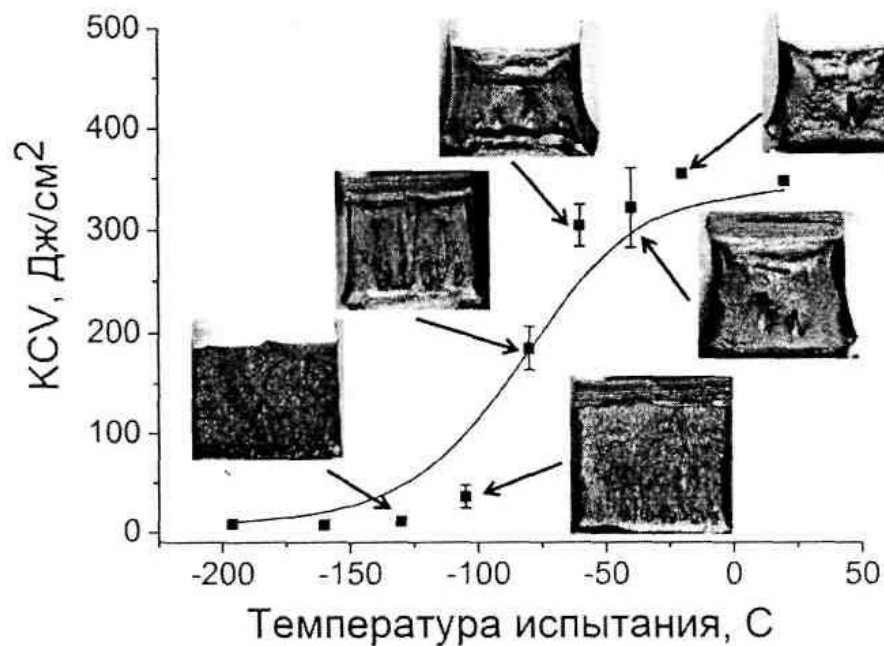


в – вариант Б – поверхностный слой

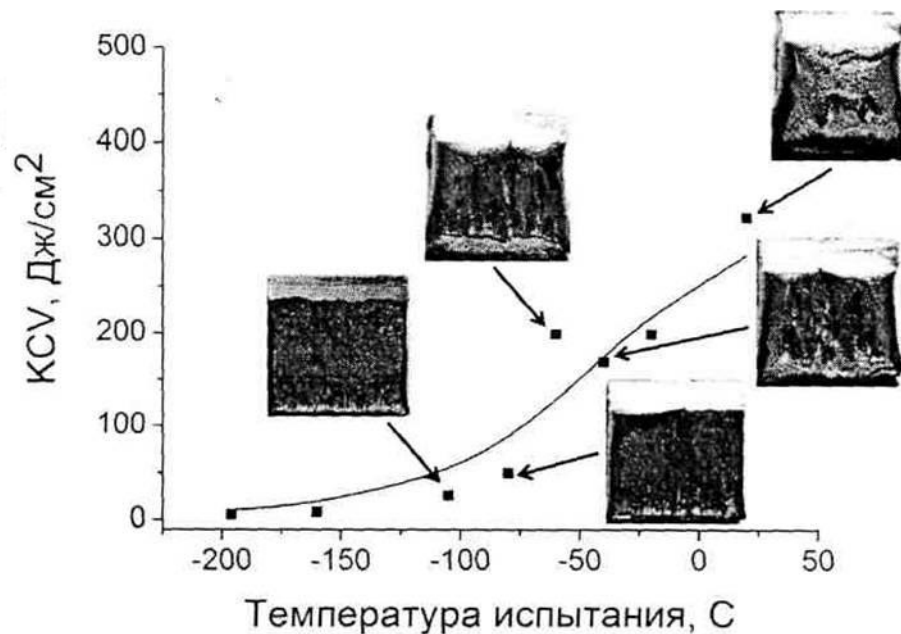


г – вариант А

Результаты испытаний на ударный изгиб образцов с V-образным надрезом

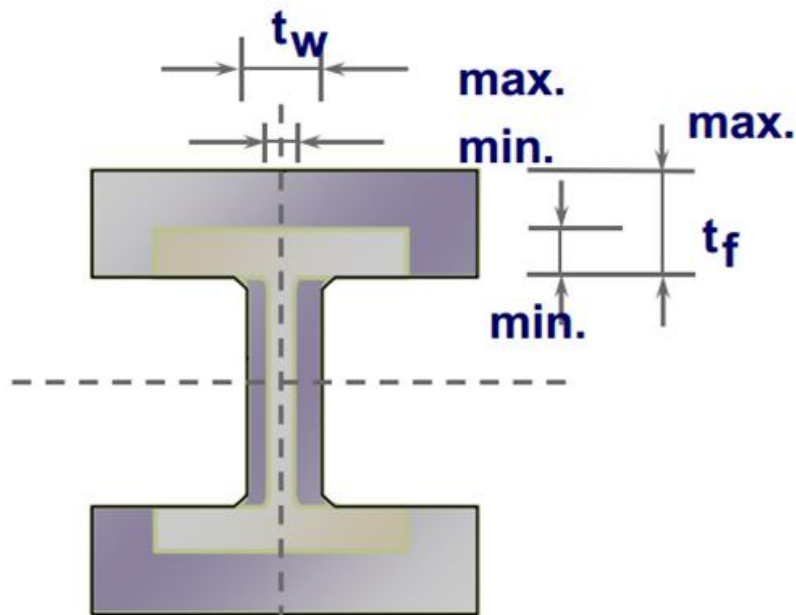


поверхность сечения



осевая зона

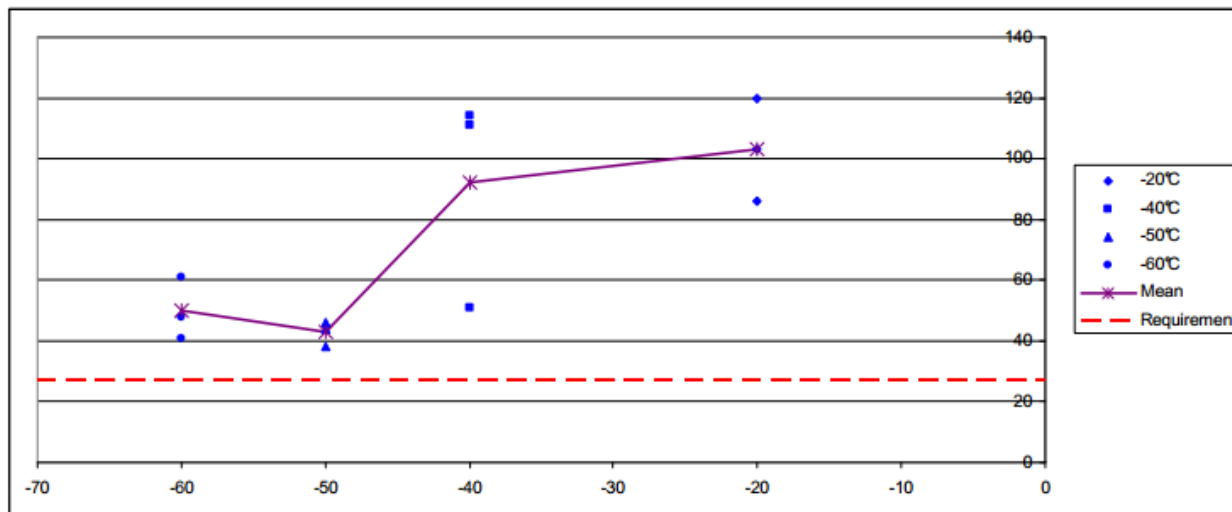
Новые профили



G	h	b	t_w	t_f
кг/м	мм	мм	мм	мм
1202	580	471	95	130
1299	600	476	100	140
1077	1061	451	55,0	99,1
1194	1081	457	60,5	109
1269	1093	461	64,0	115,1
1377	1093	473	76,7	115,1
976	1108	428	50	89,9

Результаты испытаний на ударный изгиб

Местоположение		Температура испытаний °	Рез. 1 [Дж]	Рез. 2 [Дж]	Рез. 3 [Дж]	Среднее [Дж]
1/6 ширина	От поверхности	-20° C	103	86	120	103
		-40° C	114	111	51	92
		-50° C	46	38	44	43
		-60° C	48	61	42	50
Требования для HISTATR 460 Россия		-40 ° C				27J (=34J/cm2)



Химический состав стали для металлических конструкций (ГОСТ 27772, первая редакция)

Обозначение стали	Массовая доля элементов, %												
	углерод, не более	марганец	кремний	сера, не более	фосфор	хром	никель	медь	молибден	ванадий	ниобий	другие элементы	Сумма, не более
С345	0,14	1,30-1,70	не более 0,80	0,030	не более 0,030	не более 0,30	не более 0,30	не более 0,30	-	-	-	-	0,45
С345К	0,12	0,30-0,60	0,17-0,37	0,030	0,020- 0,120	0,50-0,80	0,30-0,60	0,30-0,50	-	-	-	Алюминий 0,08-0,15	0,45
С355	0,14	1,00-1,80	0,15-0,80	0,010	не более 0,017	0,10-0,30	0,10-0,30	0,10-0,30	-	-	-	-	0,45
С355-1	0,15	0,60-0,79	0,40-0,70	0,010	не более 0,017	0,60-0,90	0,30-0,60	0,20-0,40	-	-	-	-	0,45
С355К	0,15	0,80-1,10	0,40-0,60	0,010	не более 0,020	0,50-0,70	0,50-0,70	0,40-0,70	-	-	-	Цирконий 0,005-0,010	0,45
С355П	0,10	0,60-0,90	0,15-0,35	0,010	не более 0,020	0,50-0,80	0,10-0,30	не более 0,30	0,08- 0,20	0,06- 0,09	0,02- 0,04	-	0,45
С390	0,12	0,65-0,90	0,80-1,10	0,010	не более 0,017	0,60-0,90	0,50-0,80	0,40-0,60	-	-	-	-	0,46
С390-1	0,12	1,30-1,70	0,15-0,50	0,010	не более 0,017	не более 0,30	не более 0,30	не более 0,30	-	не более 0,09	не более 0,09	-	0,46
С440	0,12	1,30-1,70	0,15-0,50	0,010	не более 0,017	не более 0,30	не более 0,30	не более 0,30	-	не более 0,09	не более 0,09	-	0,46
С550	0,07	1,30-1,95	0,15-0,35	0,007	не более 0,015	не более 0,30	0,15-0,35	не более 0,30	не более 0,35	не более 0,10	0,03- 0,10	-	0,47
С590	0,10	1,30-1,95	0,15-0,35	0,004	не более 0,015	не более 0,30	0,10-0,30	0,10-0,30	не более 0,35	не более 0,10	0,03- 0,10	-	0,51