Технический комитет по стандартизации
«Трубопроводная арматура и сильфоны» (ТК259)

Закрытое акционерное общество «Научно-производственная фирма
«Центральное конструкторское бюро арматуростроения»

ЦКБА

СТАНДАРТ ЦКБА

СТ ЦКБА 005.2-2004

Арматура трубопроводная

МЕТАЛЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В АРМАТУРОСТРОЕНИИ

ЧАСТЬ 2
Справочные данные о свойствах материалов

Санкт-Петербург
2009

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Закрытым акционерным обществом «Научно-производственная фирма «Центральное конструкторское бюро арматуростроения» (ЗАО «НПФ «ЦКБА»)

2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом от 09 03 2004 г № 11

3 СОГЛАСОВАН Техническим комитетом по стандартизации «Трубопроводная арматура и сильфоны» (ТК259)

4 ВЗАМЕН РД 302-07-210-93 «Металлы, применяемые в арматуростроении»

5 Переиздан с учетом изменений № 1, 2, 3 в 2009 г

По вопросам заказа стандартов ЦКБА

обращаться в НПФ «ЦКБА»

по телефонам и факсам (812) 458-72-04, 458-72-43, 458-72-36,

195027, Россия, С-Петербург, пр.Шаумяна, 4, корп.1, лит.А, а/я -33

standard@ckba.ru

© ЗАО «НПФ «ЦКБА», 2004

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен без разрешения ЗАО «НПФ «ЦКБА»

Содержание

Условные обозначения 8

1 Стали углеродистые обыкновенного качества 9
1.1 Сталь марки **Ст3сп** 9
1.2 Сталь марки **Ст3пс** 12
1.3 Сталь марки **Ст5сп** 13
1.4 Сталь марки **Ст5пс** 15
1.5 Сталь марки **St52-3** 17

2 Стали углеродистые сернистые высокой обрабатываемости резанием 18
2.1 Сталь марки **А20** 18

3 Стали углеродистые качественные конструкционные 19
3.1 Сталь марки **20** 19
3.2 Сталь марки **35** 25
3.3 Сталь марки **40** 28

4 Стали легированные конструкционные 31
4.1 Сталь марки **20Х** 31
4.2 Сталь марки **10Г2** 35
4.3 Сталь марки **40Х** (мартенситного класса) 37
4.4 Сталь марки **20ХН3А** 42
4.5 Сталь марки **30ХМА** (мартенситного класса) 44
4.6 Сталь марки **35ХМ** (мартенситного класса) 47
4.7 Сталь марки **38Х2МЮА (38ХМЮА)** (мартенситного класса) 51
4.8 Сталь марки **40ХН2МА** 53
4.9 Сталь марки **38ХН3МФА** (мартенситного класса) 56
4.10 Сталь марки 20ЮЧ 58а

5 Стали легированные повышенной прочности 59
5.1 Сталь **09Г2С** (феррито-перлитного класса) 59

6 Стали теплоустойчивые 63
6.1 Сталь марки **12ХМ** (феррито-перлитного класса) 63
6.2 Сталь марки **15ХМ** (феррито-перлитного класса) 65
6.3 Сталь марки **12Х1МФ (ЭИ575)** (перлитного класса) 69
6.4 Сталь марки **25Х1МФ (ЭИ10)** (перлитного класса) 73
6.5 Сталь марки **18Х3МВ (ЭИ578)** (перлитного класса) 76
6.6 Сталь марки **20Х3МВФ (ЭИ579, ЭИ415)** (перлитного класса) 78
6.7 Сталь марки **15Х5М (Х5М, 12Х5МА)** (мартенситного класса) 81

7 Стали рессорно-пружинные 84
7.1 Сталь марки **65Г** 84
7.2 Сталь марки **60С2А** 86
7.3 Сталь марки **50ХФА** 88

8 Сталь электрическая нелегированная 91
8.1 Сталь марки **10895 (Э12)** 91

9 Стали коррозионностойкаие магнито-мягкие 92
9.1 Сталь марки **16Х-ВИ (ЭИ638-ВИ)** (ферритного класса) 92

10 Стали и сплавы коррозионностойкие 94
10.1 Сталь марки **12Х13 (1Х13)** (мартенсито-ферритного класса) 94
10.2 Сталь марки **20Х13 (2Х13)** (мартенситного класса) 98
10.3 Сталь марки **30Х13 (3Х13)** (мартенситного класса) 102
10.4 Сталь марки **95Х18 (ЭИ229)** (мартенситного класса) 105
10.5 Сталь марки **12Х17** (ферритного класса) 107
10.6 Сталь марки **14Х17Н2 (ЭИ268)** (мартенсито-ферритного класса) 109
10.7 Сталь марки **07Х16Н4Б, 07Х16Н4Б-Ш** (мартенситного класса) 112
10.8 Сталь марки **09Х15Н8Ю (ЭИ904)** (аустенито-мартенситного класса) 115
10.9 Сталь марки **09Х16Н4Б-Ш** (мартенситного класса) 117
10.10 Сталь марки **25Х17Н2Б-Ш** (мартенсито-аустенитного класса) 120
10.11 Сталь марки **08Х22Н6Т (ЭП53)** (аустенито-ферритного класса) 123
10.12 Сталь марки **08Х21Н6М2Т (ЭП54)** (аустенито-ферритного класса) 126
10.13 Сталь марки **03Х17Н14М3 (ЭИ66)** (аустенитного класса) 128
10.14 Сталь марки **03Х22Н6М2 (ЭИ67)** (аустенито-ферритного класса) 130
10.15 Сталь марки **10Х14Г14Н4Т (ЭИ711)** (аустенитного класса) 131
10.16 Сталь марки **15Х18Н12С4ТЮ (ЭИ654),**
15Х18Н12С4ТЮ-Ш (ЭИ654-Ш) (аустенито-ферритного класса) ... 134
10.17 Сталь марки **07Х21Г7АН5 (ЭП222),**
07Х21Г7АН5-Ш (ЭП222-Ш) (аустенитного класса) 137
10.18 Сталь марки **03Х20Н16АГ6-Ш** (аустенитного класса) 139
10.19 Сталь марки **Х32Н8 (ЭИ263), Х32Н8-ВД (ЭП263-ВД),**
Х32Н8-Ш (ЭП263-Ш) (аустенито-ферритного класса) 141
10.20 Сплав марки **06ХН28МДТ (ЭИ943)** (аустенитный на железоникелевой основе) .. 143
10.21 Сплав марки **Н70МФ (ЭИ814А), Н70МФ-ВИ** (хастеллой) 146
10.22 Сплав марки **ХН65МВ (ЭП567)** (хастеллой) 148
10.23 Сплав марки 02Х25Н22АМ2 (ЧС108) (аустенитного класса) 149а

11 Стали и сплавы коррозионностойкие и жаропрочные 150
11.1 Сталь марки **12Х18Н9 (Х18Н9)** (аустенитного класса) 150
11.2 Сталь марки **09Х18Н9** (аустенитного класса) 154
11.3 Сталь марки **12Х18Н9Т** (аустенитного класса) 157
11.4 Сталь марки **12Х18Н10Т (Х18Н10Т)** (аустенитного класса) 161
11.5 Сталь марки **12Х18Н10Т-ВД** (аустенитного класса) 169
11.6 Сталь марки **10Х18Н10Т-ВД (ЭП502-ВД)** (аустенитного класса) 170
11.7 Сталь марки **08Х18Н10Т (ЭИ914)** (аустенитного класса) 171
11.8 Сталь марки **08Х18Н10Т-ВД** (аустенитного класса) 176
11.9 Сталь марки **10Х17Н13М2Т (ЭИ448)** (аустенитного класса) 178
11.10 Сталь марки **10Х17Н13М3Т (ЭИ432)** (аустенитного класса) 181
11.11 Сталь марки **08Х17Н15М3Т (ЭИ580)** (аустенитного класса) 184
11.12 Сталь марки **45Х14Н14В2М (ЭИ69)** (аустенитного класса) 186
11.13 Сталь марки **09Х14Н16Б (ЭИ694)** (аустенитного класса) 189
11.14 Сталь марки **09Х14Н19В2БР (ЭИ695Р)** (аустенитного класса) 191
11.15 Сталь марки **10Х11Н23Т3МР (ЭП33, ЭИ696М),**
10Х11Н23Т3МР-ВД (ЭП33-ВД) (аустенитного класса) 193
11.16 Сталь марки **08Х15Н24В4ТР (ЭП164),**
08Х15Н24В4ТР-Ш (ЭП164-Ш) (аустенитного класса) 197
11.17 Сплав марки **ХН28ВМАБ (ЭП126),**
ХН28ВМАБ-ВД (ЭП126-ВД) (аустенитного класса) 200
11.18 Сплав марки **ХН35ВТ (ЭИ612), ХН35ВТ-ВД (ЭИ612-ВД)** 202
11.19 Сплав марки **ХН70ВМЮТ (ЭИ765)** (на никелевой основе) 206
11.20 Сплав марки **ХН60ВТ (ЭИ868)** (на никелевой основе) 208

11.21 Сплав марки **ХН62МВКЮ (ЭИ867)** (на никелевой основе) 210
11.22 Сплав марки **ХН77ТЮР (ЭЙ437Б)** (на никелевой основе) 213
12 Сплавы прецизионные коррозионностойкие 215
12.1 Сплав марки **36НХТЮ (ЭИ702)** 215

13 Стали для отливок 217
13.1 Сталь марки **15Л** 217
13.2 Сталь марки **20Л** 218
13.3 Сталь марки **25Л** 219
13.4 Сталь марки **35Л** 221
13.5 Сталь марки **15ХГСМЛ** 223
13.6 Сталь марки **20ХЛ** 224
13.7 Сталь марки **20ГЛ** 225
13.8 Сталь марки **20ХМЛ** 226
13.9 Сталь марки **20ГМЛ** 228
13.10 Сталь марки **20Х5МЛ** (мартенситного класса) 229
13.11 Сталь марки **20Х13Л** (мартенситного класса) 230
13.12 Сталь марки **14Х18Н4Г4Л** (аустенито-мартенситного класса) 231
13.13 Сталь марки **10Х18Н9Л** (аустенитного класса) 232
13.14 Сталь марки **12Х18Н8ТЛ** (аустенитного класса) 233
13.15 Сталь марки **12Х18Н12М3ТЛ** (аустенитного класса) 234
13.16 Сталь марки **16Х18Н12С4ТЮЛ (ЭИ654ЛК)** (аустенито-ферритного класса) 235
13.17 Сталь марки **07Х20Н25М3Д2ТЛ** (аустенитного класса) 236
13.18 Сталь марки **05Х18АН6М2ФЛ** (аустенитного класса) 237
13.19 Сталь марки 15ГСЛ 237а
13.20 Сталь марки 02Х25Н22АМ2 (ЧС 108) 237б
13.21 Сталь марки 03Х17Н14М3Л 237в
13.22 Сталь марки 06ХН28МДТ (ЭИ 643) 237г

14 Цветные металлы 238
14.1 Медь марки **М1, М2, М3** 238
14.2 Никель марки **НП1, НПОЭ$_{вн}$, НП1Э$_{в}$** 240
14.3 Свинец марки **С1, С2, С3** 242

15 Сплавы на основе меди деформируемые 243
15.1 Латунь марки **Л63** 243
15.2 Латунь свинцовая марки **ЛС59-1** 245
15.3 Латунь марки **ЛЖМц59-1-1** 248
15.4 Бронза безоловянная марки **БрАМц9-2** 250
15.5 Бронза безоловянная марки **БрАЖМц10-3-1,5** 252
15.6 Бронза безоловянная марки **БрАЖН10-4-4** 254
15.7 Бронза кремнистая марки **БрКМц3-1** 256
15.8 Бронза бериллиевая марки **БрБ2** 258
15.9 Бронза оловянная марки **БрОЦ4-3** 261
15.9 Бронза оловянная марки **БрОФ6,5-0,15** 263

16 Сплавы на основе меди для отливок 265
16.1 Латунь свинцовая марки **ЛЦ40С (ЛС59-1Л), ЛЦ40С$_{Д}$ (ЛС59-1ЛД)** 265
16.2 Латунь кремнистая марки **ЛЦ16К4 (ЛК80-3Л)** 266
16.3 Латунь марганцово-свинцовая **ЛЦ38Мц2С2 (ЛМцС58-2-2)** 268
16.4 Бронза оловянно-цинково-свинцовая марки **БрО3Ц12С5 (БрОЦС3-12-5)** 269
16.5 Бронза оловянно-цинково-свинцовая марки **БрО3Ц7С5Н1** 269а

17 Сплавы на основе алюминия деформируемые 270
17.1 Алюминий технической чистоты марок **АДО, АД1** 270
17.2 Сплав марки **АМц** 273

18 Сплавы на основе алюминия для отливок 275
18.1 Сплав марки **АК12 (АЛ2)** 275
18.2 Сплав марки **АК7ч (АЛ9)** 277
18.3 Сплав марки **АМг7 (АЛ29)** 280
18.4 Сплав марки **АМг10 (АЛ27)** 281
18.5 Сплавы марки **АЛ4 (АК9ч), АЛ5 (АК5М), АЛ13 (АМг5Мц), АЛ28 (АМг5Мц)** . 281а

19 Сплавы на основе титана деформируемые 282
19.1 Сплав марки **ВТ1-0** 282
19.2 Сплав марки **ОТ4-0** 284
19.3 Сплав марки **ОТ4-1** 286
19.4 Сплав марки **ОТ4** 288
19.5 Сплав марки **3М** 290

20 Сплавы на основе титана для отливок 291
20.1 Сплав марки **ТЛ3** 291
20.2 Сплав марки **ТЛ5** 291

21 Сплавы на основе цинка для отливок 292
21.1 Сплавы антифрикционные марок **ЦАМ10-5 (ЦАМ10-5Л), ЦАМ 9-1,5 (ЦАМ 9-1,5Л), ЦАМ 4-1** 292

22 Сплавы на основе никеля для отливок 294
22.1 Сплав медно-никелевый (монель) марки **НМЖМц28-2,5-1,5** 294

23 Наплавочные твердые сплавы 296
23.1 Наплавленный металл типа **Э-190К62Х29В5С2 (ВЗК)** 296
23.2 Наплавленный металл типа **Э-08Х17Н8С6Г (ЦН-6М, ЦН-6Л)** 297
23.3 Наплавленный металл типа **Э-13Х16Н8М5С5Г4Б (ЦН-12М)** 298
23.4 Наплавленный металл типа **Э-09Х31Н8АМ2 (УОНИ-13/Н1-БК)** 299

24 Чугун серый 300
24.1 Чугун марки **СЧ15** 300
24.2 Чугун марки **СЧ20** 301

25 Чугун ковкий 302
25.1 Чугун марок **КЧ30-6-Ф, КЧ33-8-Ф** 302

26 Чугун высокопрочный 304
26.1 Чугун марок **ВЧ35, ВЧ40, ВЧ45** 304
26.2 Чугун марок **ВЧ50, ВЧ60** 307а

27 Чугун коррозионностойкий и жаропрочный 308
27 1 Чугун марок **ЧШ19Х3Ш, ЧН15Д3Ш, ЧН15Д7, ЧН17Д3Х2, ЧН5Г8** 308
28 Чугун антифрикционный 310
28.1 Чугун марки **АЧС-1** 310
29 Физические свойства конструкционных материалов, принятые в атомной энергетике 311
Библиография 312

СТАНДАРТ ЦКБА

Арматура трубопроводная

МЕТАЛЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В АРМАТУРОСТРОЕНИИ

Часть 2

Справочные данные о свойствах материалов

Дата введения – 2004-07-01

Во второй части стандарта приведены механические и физические свойства металлов при температуре 20 ^{0}С и при высоких температурах (кратковременные и длительные $\sigma_{дп}$,$\sigma_{пол}$), величины ударной вязкости при нормальной и отрицательных температурах, а так же технологические свойства чугунов, сталей, сплавов и наплавок, перечисленных в первой части стандарта. Для отдельных сталей и сплавов приведены гарантированные значения свойств материалов, а также средние значения модуля нормальной упругости и коэффициента линейного расширения при высоких температурах, которые учитываются в прочностных расчетах арматуры. Характеристики материалов приведены из справочников, а также из научно-исследовательских отчетов и паспортов на стали и сплавы ЦКБА, ЦНИИКМ «Прометей», ЦКТИ, НИИХИММАШ, ВНИИНЕФТЕМАШ, ЦНИИТМАШ, «**Промарматура**» и других металловедческих организаций.

Условные обозначения

$\sigma_в$ – временное сопротивление (предел прочности при разрыве);
$\sigma_т$ – предел текучести (физический);
$\sigma_{0,2}$ - условный предел текучести;
δ – относительное удлинение после разрыва;
ψ – относительное сужение после разрыва;
KCU – ударная вязкость, определенная на образцах с концентратором вида U;
KCV – ударная вязкость, определенная на образцах с концентратором вида V;
KV – работа удара;
НВ – твердость по Бринеллю;
HRC – твердость по Роквеллу (шкала С);
HV – твердость по Виккерсу;
σ_{-1} – предел выносливости при изгибе при симметричном цикле;
$K_{Vтв сп}$ – коэффициент относительной обрабатываемости твердыми сплавами;
$K_{Vб.ст}$ – коэффициент обрабатываемости резцами из быстрорежущей стали;
Е – модуль нормальной упругости;
α – коэффициент линейного расширения;
$\sigma_{пол}$ – предел ползучести;
$\sigma_{д.п}$ – предел длительной прочности;
τ_{-1} – предел выносливости при кручении при симметричном цикле;
σ_0 – начальное напряжение;
В – напряженность магнитного поля;
Т – индукция;
H_c – корцитивная сила;
ρ - удельное электрическое сопротивление;
Ø – диаметр;
$\mathcal{T}$ – толщина или сторона квадрата.

1 Стали углеродистые обыкновенного качества

1.1 Сталь марки Ст3сп

Таблица 1.1.1 - Химический состав стали (по ГОСТ 380-2005)

В процентах

C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	S	P	Fe
			не более					
0,14-0,22	0,4-0,65	0,15-0,3	0,3	0,3	0,3	0,05	0,04	Осн

Таблица 1.1.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 ^{0}C					Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс·м/см^2)	
			не менее					
Сортовой прокат Ø,⌇, полоса, шестигранник и фасонный прокат	ГОСТ 535-88	Без термообработки	До 10 мм					
			380-490 (39-50)	255 (26)	26		См. табл.2	-
			Св. 10 мм					
			370-480 (38-49)	205 (21)	23		См. табл.2	-
Лист 4–160 мм*	ГОСТ 14637-89	Горячекатаный	Категория 1 – 5					
			370-480 (38-49)	208(21)	23		См. табл.2	-
		Упрочненное состояние	Категория 6 (10 – 40) мм					
			430 (44)	295 (30)	16	-	-	-
Лист до 3,9 мм	ГОСТ 16523-97 группа ОК 360В	Горячекатаный до 2мм включ. Св 2 мм	360-530 (37-54)	235 (24)	δ_4 20 22	-	-	-
		Холоднокатаный до 2 мм включ. Св 2 мм			22 24	-	-	-
Поковки до 800 мм	ГОСТ 8479-70 До 100 мм	Нормализация	353(36)	175(18)	28	55	64 (6,5)	101-143
	100-300 мм				24	50	59 (6)	
	До 100 мм		392(40)	195(20)	26	55	59(6)	111-156
	100-300 мм				23	50	54(5,5)	

* Для АЭС листы толстые 5-50 мм из стали Ст3сп поставляются Коммунарским металлургическим комбинатом механические свойства по ГОСТ 14637-89, дополнительно определяют KCV (≥ 24 Дж/см ^{2}). Тк о (не выше 30 ^{0}C), УЗК (по требованию).

Таблица 1.1.3 - Ударная вязкость KCU, KCV в поставке

ГОСТ, сортамент	Сечение, мм	KCU, Дж/см^2 (кгс·м/см^2), не менее			KCV, Дж/см^2 (кгс·м/см^2)	
		+20 ^{0}C	-20 ^{0}C	После мех. старения	+20, ^{0}C	0, ^{0}C
Прокат, категория 3-5 ГОСТ 535-88	3-4,9	108 (11)	49 (5)	49 (5)	-	-
	5-9,9	108 (11)	49 (5)	49 (5)	-	-
	10-25	98 (10)	29 (3)	29 (3)	-	-
	26-40	88 (9)	-	-	-	-
Лист ГОСТ 14637-89 категории 3-5	5-9	78 (8)	39 (4)	39 (4)	-	-
	10-25	69 (7)	29 (3)	29 (3)	-	-
	26-40	49 (5)	-	-	-	-
Категория 6	10-40	-	- 40 ^{0}C 39 (4)	29 (3)	-	-
Категория 5	5-20	-	-	-	34 (3,5)	-
	св. 20	-	-	-	-	-
Категория 6	8-9	-	-	-	-	34 (3,5)
	10-20	-	-	-	-	30 (3,1)
	св. 20	-	-	-	-	-

Таблица 1.1.4 - Гарантированные значения механических свойств при высоких температурах [6]

Сортамент	Характеристика	Температура, ^{0}C						
		20	50	100	150	200	250	300
Сортовой прокат и лист до 20 мм	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	373 (38)	363 (37)	353 (36)	353 (36)	343 (35)	323 (33)	284 (29)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	245 (25)	235 (24)	235 (24)	235 (24)	235 (24)	206 (21)	186 (19)
	δ, %	26	24	22	20	20	20	20
	ψ,%	50	49	49	48	47	47	48
То же более 20 до 100 мм	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	373 (38)	363 (37)	353 (36)	353 (36)	343 (35)	323 (33)	284 (29)
	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	206 (21)	196 (20)	196 (20)	196 (20)	196 (20)	177 (18)	157 (16)
	δ, %	23	21	19	18	18	18	18
	ψ, %	50	49	49	48	47	47	48
То же, толщина более 100 мм	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	373 (38)	363 (37)	353 (36)	353 (36)	343 (35)	323 (33)	284 (29)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	206 (21)	196 (20)	196 (20)	196 (20)	196 (20)	177 (18)	157 (16)
	δ, %	23	21	19	18	18	18	18
	ψ , %	50	49	49	48	47	47	48
Трубы	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	373 (38)	363 (37)	353 (36)	343 (35)	343 (35)	323 (33)	324 (33)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	206 (21)	196 (20)	196 (20)	196 (20)	196 (20)	177 (18)	157 (16)
	δ, %	23	21	19	18	18	18	18
	ψ,%	50	49	49	48	47	47	48
Поковки диаметром, толщиной до 300 мм КП 175	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	355 (36)	343 (35)	333 (34)	333 (34)	314 (32)	304 (31)	275 (28)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	175 (18)	167 (17)	167 (17)	167 (17)	157 (16)	147 (15)	137 (14)
	δ, %	24	22	20	18	17	17	17
	ψ,%	50	47	44	41	40	40	40

Окончание таблицы 1 1.4

Сортамент	Характеристика	Температура, °С						
		20	50	100	150	200	250	300
То же КП 195	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	390 (40)	390 (40)	373 (38)	373 (38)	363 (37)	333 (34)	304 (31)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	195 (20)	195 (20)	195 (20)	195 (20)	177 (18)	167 (17)	147 (15)
	δ, %	23	21	20	18	18	18	18
	ψ,%	50	47	44	41	40	40	40
То же до 50 мм КП 215	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	420 (44)	422 (43)	402 (41)	402 (41)	392 (40)	373 (38)	333 (34)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	215 (22)	206 (21)	206 (21)	206 (21)	196 (20)	196 (20)	167 (17)
	δ, %	23	21	20	18	18	18	18
	ψ,%	50	47	44	41	40	40	40

Таблица 1.1.5 - Предел выносливости

σ_{-1}, МПа	N*	Состояние стали
191	10^7	Лист 40 мм, горячекатаный. Образец гладкий
93	10^7	Образец Ø 40 мм с надрезом
213	$20 \cdot 10^5$	$\sigma_в$ = 440 МПа
* Число циклов.		

Таблица 1.1.6 - Технологические свойства [8]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, °С	1300
Минимальная температура конца ковки, °С	750
Свариваемость	Без ограничений
Флокеночувствительность	Не чувствительна
Склонность к отпускной хрупкости	Не склонна
Обрабатываемость *резанием*	Горячекатаная, 124 НВ и $\sigma_в$ = 400 МПа Кутв.спл = 1,8; Куб.ст. = 1,6
Плотность, г/см^3	7,85

1.2 Сталь марки Ст3пс

Таблица 1.2.1 - Химический состав стали (по ГОСТ 380-2005)

В процентах

C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	S	P	Fe
			не более					
0,14-0,22	0,4-0,65	0,05-0,15	0,3	0,3	0,3	0,05	0,04	Осн.

Таблица 1.2.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке*

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 ^{0}C				
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ,%	KCU, Дж/см^2 (кгс·м/см^2)
			не менее				
Сортовой прокат Ø, l, полоса, шестигранник и фасонный прокат	ГОСТ 535-88	Без термообработки	370-480 (39-50)	205-245 (21-25)	23-26	-	См. Ст3сп
Лист 4 – 160 мм Лист до 3,9 мм	ГОСТ 14637-89 ГОСТ 16523-97 группа ОК 360В	Поставка	См. Ст3сп				

*Физические и технологические свойства - как для Ст3сп.

1.3 Сталь марки Ст5сп

Таблица 1.3.1 - Химический состав (по ГОСТ 380-2005)

В процентах

C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	S	P	Fe
			не более					
0,28-0,37	0,5-0,8	0,15-0,3	0,3	0,3	0,3	0,05	0,04	Осн.

Таблица 1.3.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ,%	KCU, Дж/см^2 (кгсм/см^2)	
			не менее					
Сортовой прокат Ø, ⌇, полоса, шестигранник и фасонный прокат	ГОСТ 535-88	Без термообработки	490-630 (50-64)	255-295 (26-30)	17-20	-	-	-
Лист 4-160 мм	ГОСТ 14637-89	Поставка	490-630 (50-64)	255-285 (26-29)	17-20	-	-	-
Лист до 3,9	ГОСТ 16523-97 ОК 400 В	Горячекатаный до 2 мм включ. Св.2мм	400-680 (41-69)	255(26)	δ_4 17 19	-	-	-
		Холоднокатаный до 2 мм включ. Св.2мм			19 21	-	-	-
Трубы бесшовные	ГОСТ 8731-74	Без термообработки	490(50)	274(28)	17	-	-	-
Поковки до 800 мм	ГОСТ 8479-70 100-300мм	Нормализация	355(36)	175(18)	24	50	59(6,0).	101-143
	300-500 мм				22	45	54(5,5)	
	500-800 мм				20	40	49(5,0)	
	100-300 мм		390(40)	195(20)	23	50	54(5,5)	111-156
	300-500 мм				20	45	49(5,0)	
	500-800 мм				18	38	44(4,5)	

Таблица 1.3.3 – Механические свойства при повышенных температурах [8]

t, °С	$\sigma_{0,2}$, МПа	$\sigma_в$, МПа	δ, %	ψ, %
		Прокат		
20	320	490	28	58
300	200	-	-	-
400	165	470	-	66
500	150	330	-	70

Таблица 1.3.4 -Ударная вязкость (KCU, Дж/см^2)

Толщина листа, мм	Температура, ^{0}С		
	+20	-10	-40
11	71	24	12
20	57	24	10
40	71	36	15
50	71	29	15

Таблица 1.3.5 – Предел выносливости

σ_{-1}, МПа	n*
274	10^6
223	$5 \cdot 10^6$
*Число циклов.	

Таблица 1.3.6 -Физические свойства [8]

Температура t, ^{0}С	Модуль нормальной упругости Е, ГПа	Температура t, ^{0}С	Коэффициент линейного расширения, $\alpha \cdot 10^6$, 1/^{0}С	Плотность, г/см^3
20	198	20-100	11,1	7,85
100	196	20-200	11,9	
200	191	20-400	13,4	
300	185	20-600	14,4	
400	164			

Таблица 1.3.7 - Технологические свойства [8]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, ^{0}С	1260
Минимальная температура конца ковки, ^{0}С	750
Свариваемость	Свариваемость ограниченная. Для сварки прочноплотных швов не рекомендуется
Флокеночувствительность	Не чувствительна
Склонность к отпускной хрупкости	Не склонна
Обрабатываемость резанием	Горячекатаная, 158 НВ и $\sigma_в$ 640 МПа Кутв.спл = 1,2, Куб.ст. = 1,2

1.4 Сталь марки Ст5пс

Таблица 1.4.1 - Химический состав стали (по ГОСТ 380-2005)

В процентах

C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	S	P	Fe
			не более					
0,28-0,37	0,5-0,8	0,05-0,15	0,3	0,3	0,3	0,05	0,04	Осн.

Таблица 1.4.2 – Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ,%	KCU, Дж/см^2 (кгс м/см^2)	
			не менее					
Сортовой прокат Ø, □, полоса, шестигранник и фасонный прокат	ГОСТ 535-88	Без термообработки	490-630 (50-64)	255-285 (24-27)	17-20	-	-	-
Лист 4-160 мм	ГОСТ 14637-89	Поставка	490-630 (50-64)	255-285 (26-29)	17-20	-	-	-
Лист до 3,9	ГОСТ 16523-97 ОК 400 В	Горячекатаный до 2 мм включ. Св.2мм	400-680 (41-69)	255(26)	δ_4 17 19	-	-	-
		Холоднокатаный до 2 мм включ Св.2мм	490(50)		19 21	-	-	-

Таблица 1.4.3 – Механические свойства при повышенных температурах [8]

t, °С	$\sigma_{0,2}$, МПа	$\sigma_в$, МПа	δ_5, %	ψ,%	KCU, Дж/см^2
20	330	535	25	52	64
100	310	500	20	54	69
200	305	-	19	40	78
300	215	-	22	50	69
400	185	500	23	64	59
500	160	365	24	70	-

Таблица 1.4.4 – Физические свойства стали Ст5пс [8]

Температура t, °С	Модуль нормальной упругости Е, Гпа	Плотность, г/см^3
20	198	7,85
100	196	
200	186	
300	175	
400	167	

Таблица 1.4.5 – Технологические свойства [8]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, ^{0}C	1260
Минимальная температура конца ковки, ^{0}C	750
Свариваемость	Свариваемость ограниченная Для сварки прочноплотных швов не рекомендуется
Флокеночувствительность	Не чувствительна
Склонность к отпускной хрупкости	Не склонна
Обрабатываемость резанием	Горячекатаная, 158 НВ и $\sigma_в$ = 640 МПа Кутв.спл = 1,2; Куб.ст. = 1,2

1.5 Сталь марки St52-3 (1.0570)

Таблица 1.5.1 – Химический состав стали (DIN 17100)

В процентах

C	Si	Mn	P	S
не более				
0,20	0,55	1,60	0,04	0,04

Таблица 1.5.2 – Механические свойства [74]

Способ раскисления DIN 17100	Прочность при растяжении, Н/мм^2		Верхний предел текучести, Н/мм^2					Образец[4]	Относительное удлинение, %			Ударная вязкость, Дж/см^2				
	Толщина[1], (мм)		Толщина[1], (мм)						Толщина[1], (мм)			ISO условие[3]	При t,°C	Средняя величина, 3 пробы		
														Толщина[1], (мм)		
	≤3	3-100	≤16	16-40	40-63	63-80	80-100		3-40	40 63	63-100			10-16	16-63	63-100
RR[2]	510-680	490-630	355	345	335	325	315	↑	22	21	20	U	0	27	27	23
								→	20	19	18	N	-20	27	27	23

[1] В зависимости от условий для толщины более 100 мм.
[2] RR – особоспокойкая сталь.
[3] U – необработанная сталь, N – нормализованная сталь.
[4] ↑ - продольный, → - поперечный.

2 Стали углеродистые сернистые высокой обрабатываемости резанием

2.1 Сталь марки А20

Таблица 2.1.1 - Химический состав (по ГОСТ 1414-75)

В процентах

C	Si	Mn	Fe	S	P	Cu
					не более	
0,17-0,25	0,15-0,35	0,7-1,0	Осн.	0,08-0,15	0,06	0,25

Таблица 2.1.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс·м/см^2)	
			не менее					
Прокат горячекатаный, калиброванный, обточенный, со специальной отделкой поверхности	ГОСТ 1414-75	Горячекатаная	450 (46)	-	20	30	-	не более 168
		Калиброванная нагартованная	530 (54)	-	7	-	-	не более 217

Таблица 2.1.3 - Предел ползучести при повышенных температурах [8]

t, °С	Скорость ползучести, %/ч	$\sigma_{пол}$, МПа
425	1/10 000	93
535		25
425	1/100 000	59
535		10

Таблица 2.1.4 - Технологические свойства [8]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, °С	1180
Минимальная температура конца ковки, °С	850
Свариваемость	Не применяется для сварных конструкций
Флокеночувствительность	Чувствительна
Склонность к отпускной хрупкости	Не склонна

3 Стали углеродистые качественные конструкционные

3.1 Сталь марки 20

Таблица 3.1.1 - Химический состав (по ГОСТ 1050-88)

В процентах

C	Si	Mn	Fe	Cr	Ni	P	S	As
				не более				
0,17-0,24	0,17-0,37	0,35-0,65	Осн.	0,25	0,3	0,035	0,04	0,08

Таблица 3.1.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс·м/см^2)	
			не менее					
			Базовое исполнение (М1)					
Сортовой прокат Ø, □ до 250 мм, полоса, калиброванный прокат, калиброванный шестигранник, калиброванная полоса, прокат со специальной отделкой поверхности*	ГОСТ 1050-88	Нормализация: 900 °С	410(42)	245(25)	25	55	-	-
Поковки до 800 мм	ГОСТ 8479-70 до 100мм	Нормализация	350 (36)	175 (18)	28	55	64 (6,5)	101-143
	100-300мм				24	50	59 (6)	
	300-500мм				22	45	54 (5,5)	
	500-800мм				20	40	49 (5)	
	До 100мм		390 (40)	195 (20)	26	55	59 (6)	111-156
	100-300мм				23	50	54 (5,5)	
	До 100мм		430 (44)	215 (22)	24	53	54 (5,5)	123-167
	100-300мм				20	48	49 (5)	
	100-300мм	Закалка с отпуском	470 (48)	245 (25)	19	42	39 (4)	143-179
Трубы бесшовные Ø от 25 до 850 мм	ГОСТ 8731-74	Без термообработки	412 (42)	245 (25)	21	-	-	не более 156
Трубы бесшовные Ø от 1,0 до 200мм	ГОСТ 8733-74	Термообработанные	412 (42)	245 (25)	21	-	-	не более 156

Продолжение таблицы 3.1.2

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм² (кгс/мм²)	$\sigma_т$, Н/мм² (кгс/мм²)	δ_5, %	Ψ, %	KCU, Дж/см² (кгс·м/см²)	
			не менее					
Лист 4-160 мм Полоса 6-60 мм	ГОСТ1577-93	Базовое исполнение (до 80 мм включ.)						
		Без термообработки	-	-	-	-	-	-
		По требованию потребителя (до 80 мм включ.)						
		Лист Без термообработки, нормализация (880-910 °С)	410 (42)	-	28	-	29 (3)	-
		отожженный, высокоотпущенный	370 (38)	-	28	-	-	-
		Полоса Нормализация (880-910 °С)	410 (42)	245 (25)	25	55	29 (3)	
		По соглашению с изготовителем						
		Полоса Нормализация (880-910 °С) до 100 мм	400-500 (41-56)	230 (23,5)	Направление проката: Вдоль 27; Поперек 25	-	-	-
		от 100 мм до 160 мм	380-520 (39-53)	210 (21,5)	Вдоль 25; Поперек 23	-	-	-
		Закалка с отпуском (860-890 °С вода 540-680 °С) до 16 мм включ.	550-700 (56-71)	350 (35,5)	20	50	KV Дж (кгс·м) 50 (5)	
		Св.16 до 40 мм	500-650 (51-66)	300 (30,5)	22	50	50 (5)	
Трубы бесшовные Ø от 19 до 219 мм	ГОСТ 550-75	Горячекатаные	431 (44)	255 (26)	22	50	78 (8)	не более 156

Окончание таблицы 3.1.2

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$ Н/мм^2 (кгс/мм^2	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс·м/см^2)	
			не менее					
Поковки до 400 мм для АЭС	ОСТ108 030 113-87 гарантируются механические свойства при 250-400°С, неметаллические включения, УЗК, tк.о	Нормализация 920-950°С	до 100 мм					
			412-549 (42-56)	216 (22)	24	55	59 (6)	123-167
			100-200 мм					
			393 (40)	196 (20)	22	50	54 (5,5)	123-167
			200-400 мм					
			393 (40)	196 (20)	20	45	49 (5,0)	123-167
Трубы Ø от 10 до 465 мм	ТУ 14-3-460-75	Горячекатаные и холоднокатаные, после нормализации	Продольные образцы					
			412-549 (42-56)	216 (22)	24	45	49 (5)	-
			Поперечные образцы					
			400 (41)	216 (22)	22	40	(4)	-
			Продольные образцы					
		250 °С 400 °С 450 °С	-	196(20) 137(14) (12)	-	-	-	-

* Для АЭС сортовой прокат Ø, □ от 10 до 200 мм поставляется Челябинским металлургическим заводом по ТУ 14-1-5036-91 с определением механических свойств при 20 °С и 350 °С, неметаллических включений, УЗК (по требованию) и подтверждением tк.о. (не выше 30 °С).

Т а б л и ц а 3.1.3- Гарантированные значения механических свойств при высоких температурах [6]

Сортамент	Характеристика	Температура, °С							
		20	50	100	150	200	250	300	350
Поковки Ø до 300 мм КП 175	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	355 (36)	343 (35)	333 (34)	323 (33)	323 (33)	294 (30)	294 (30)	294 (30)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	175 (18)	167 (17)	167 (17)	167 (17)	167 (17)	157 (16)	147 (15)	128 (13)
	δ, %	20	20	20	18	17	17	17	17
	ψ,%	40	40	40	40	40	40	40	40
То же, до 300 мм, КП 195	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	390 (40)	390 (40)	373 (38)	363 (37)	363 (37)	343 (35)	333 (34)	323 (33)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	195 (20)	195 (20)	195 (20)	195 (20)	195 (20)	177 (18)	157 (16)	137 (14)
	δ, %	20	20	20	18	17	17	17	17
	ψ,%	40	40	40	40	40	40	40	40
То же, До 300 мм, КП 215	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	430 (44)	422 (43)	422 (43)	412 (42)	402 (41)	402 (41)	392 (40)	373 (38)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	215 (22)	206 (21)	206 (21)	206 (21)	196 (20)	196 (20)	177 (18)	157 (16)
	δ, %	20	19	19	18	17	17	17	17
	ψ,%	40	40	40	40	40	40	40	40
То же, от 100 до 300 мм КП 245	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	470 (48)	461 (47)	461 (47)	451 (46)	441 (45)	441 (45)	432 (44)	422 (43)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	245 (25)	235 (24)	235 (24)	235 (24)	226 (23)	226 (23)	196 (20)	177 (18)
	δ, %	19	18	18	17	16	16	16	16
	ψ,%	40	40	40	40	40	40	40	40

Окончание таблицы 3.1.3

Сортамент	Характеристика	Температура, °С							
		20	50	100	150	200	250	300	350
Сортовой прокат Ø, толщиной до 80 мм; Трубы горячекатаные Ø от 10 до 465мм с толщиной стенки от 2 до 60мм	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	402 (41)	392 (40)	392 (40)	392 (40)	373 (38)	373 (38)	363 (37)	353 (36)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	216 (22)	206 (21)	206 (21)	206 (21)	196 (20)	196 (20)	177 (18)	157 (16)
	δ, %	21	20	19	18	17	17	17	17
	ψ,%	40	40	38	38	38	38	40	42
Листы отожженные, высокоотпущенные от 4 до 80 мм	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	373 (38)	363 (37)	353 (36)	343 (35)	343 (35)	333 (34)	333 (34)	323 (33)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	216 (22)	216 (22)	216 (22)	206 (21)	206 (21)	196 (21)	176 (18)	157 (16)
	δ, %	28	27	27	25	24	24	24	24
	ψ,%	45	43	43	42	42	42	44	46
Листовые заготовки от 20 до 250мм (поперечные образцы)	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	353 (36)	343 (35)	334 (34)	324 (33)	304 (31)	294 (30)	284 (29)	275 (28)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	176 (18)	176 (18)	176 (18)	157 (16)	157 (16)	147 (15)	147 (15)	137 (14)
	δ, %	20	20	20	19	19	19	18	18
	ψ,%	45	45	45	45	45	45	45	45

Таблица 3.1.4 – Механические свойства при высоких температурах (по ОСТ 26-01-135-81)

НД на механические свойства поковок	Нормативные характеристики при 20 °С		$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)							
	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_в$	Температура, °С							
	МПа (кгс/мм^2)		100	150	200	250	300	350	400	450
ГОСТ 8479-70	167 (170)	334 (34)	167 (17)	162 (16,5)	157 (16)	147 (15)	137 (14)	128 (13)	108 (11)	–
ГОСТ 22790-77	196 (17)	432 (44)	196 (20)	191 (19,5)	186 (19)	172 (17,5)	157 (16)	137 (14)	118 (12)	98 (10)
			$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)							
ГОСТ 8479-70	167 (170)	334 (34)	334 (34)	329 (33,5)	314 (32)	304 (31)	294 (30)	284 (29)	275 (28)	–
ГОСТ 22790-77	196 (17)	432 (44)	432 (44)	427 (43,5)	422 (43)	412 (42)	397 (40,5)	383 (39)	368 (37,5)	343 (35)

Таблица 3.1.5 - Предел ползучести и длительной прочности [8]

t, °С	Скорость ползучести, %/ч	σпол., МПа	t, °С	τ, ч	σд.п., МПа
400	1/100 000	98	450	10 000	120
450		49	450	100 000	78
475		35	475	100 000	59

Таблица 3.1.6 - Предел выносливости [8]

При изгибе	При кручении	Состояние стали
σ_{-1}, МПа	τ_{-1}, МПа	
206	-	n = 10^7, $\sigma_{0,2}$ =320 МПа, $\sigma_в$= 500 МПа
245	-	$\sigma_{0,2}$ =310 МПа, $\sigma_в$= 520 МПа, 149 НВ
225	-	$\sigma_{0,2}$ =280 МПа, $\sigma_в$= 490 МПа, 139 НВ
205	127	Нормализация 910 ^{0}С, отпуск 620 ^{0}С
193	-	$\sigma_{0,2}$ =280 МПа, $\sigma_в$= 420 МПа
255	451	Цементация 930 ^{0}С, закалка 810 ^{0}С, отпуск 190 ^{0}С

Таблица 3.1.7 - Ударная вязкость при отрицательных температурах KCU, Дж/см^2 [8]

Температура, ^{0}С				Термообработка
+20	-20	-40	-60	
110	68	47	10	Отжиг
157	109	86	15-38	Нормализация

Таблица 3.1.8 - Ударная вязкость при отрицательных температурах $a_н$ (KCU), кгс·м /см^2 [17]

Марка	Состояние материала	Вид полуфабриката	$a_н$ (KCU), кгс·м /см^2 при t , ^{0}С						Ткр, ^{0}С при $a_{н\,min} \leq$ 4 кгс м./см^2
			+20	-20	-40	-60	-80	-100	
20	Горячекатаный	Пруток Ø 20 мм	15,4-13,9	10,8-7,3	9,8-9,4	7,2-4,5	8,0-1,3	1,0-1,0	-70
	Отожженный		17,9-16,1	11,5-10,6	9,7-7,8	5,8-4,2	0,6-0,6	0,4-0,4	-70
	Нормализованный		26,6-25,4	15,3-14,3	13,7-9,1	12,8-9,0	5,7-4,6	1,4-0,8	-90
	Закалка +отпуск		27,0-24,8	25,5-24,4	26,4-24,8	22,9-21,4	15,2-13,7	11,5-11,3	ниже -100
	Горячекатаный	Пруток Ø 40 мм	12,5-11,5	7,5-6,5	2,7-2,4	1,0-0,6	0,5-0,3	0,8-0,6	-30
	Отожженный		12,0-12,0	7,1-6,7	5,1-4,5	1,1-1,0	0,8-0,6	0,5-0,3	-50
	Нормализованный		16,4-15,8	11,3-11,0	9,3-8,2	3,9-1,5	1,6-1,3	0,9-0,9	-60
	Закалка +отпуск		23,6-23,3	24,2-22,4	17,2-16,8	21,2-15,6	13,4-12,7	10,9-10,4	ниже -100

Таблица 3.1.9 - Механические свойства после цементации [8]

Состояние стали	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$, МПа	$\sigma_в$, МПа	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2	НВ, не более
		не менее					
Цементация 920-950 ^{0}С, воздух, закалка 800-820 ^{0}С, вода, отпуск 180-200 ^{0}С	50	290-340	490-590	18	45	54	Серцевины 156; HRC поверхности 55-63

Таблица 3.1.10 - Технологические свойства [8]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, ^{0}C	1280
Минимальная температура конца ковки, ^{0}C	750
Свариваемость	Сваривается без ограничений
Флокеночувствительность	Не чувствительная
Склонность к отпускной хрупкости	Не склонна
Обрабатываемость резанием	Горячекатаная при 126-131 НВ и $\sigma_в$ = 460-490 МПа Kvтв.спл = 1,7; Kvб.ст. = 1,6
Плотность, г/см^3	7,85

Таблица 3 1.11 - Условные пределы текучести при повышенной температуре, Н/мм^2 (кгс/мм^2) [75]

Температура, ^{0}C				
250	300	350	400	450
не менее				
198 (20,0)	170 (18,0)	159 (16,0)	138 (14,0)	116 (12,0)

3.2 Сталь марки 35

Таблица 3.2.1 - Химический состав (по ГОСТ 1050-88)

В процентах

C	Si	Mn	Fe	Cr	Ni	P	S	As
				не более				
0,32-0,4	0,17-0,37	0,5-0,8	Осн.	0,25	0,3	0,035	0,04	0,08

Таблица 3.2.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс·м/см^2)	
			не менее					
Сортовой прокат Ø, ⎍ до 250 мм, полоса, калиброванный прокат, калиброванный шестигранник, калиброванная полоса, со специальной отделкой поверхности	ГОСТ 1050-88	Базовое исполнение (М1)						
		Нормализация (880°С)	530 (54)	315 (32)	20	45	-	-
		По согласованию с изготовителем (М3)						
		Закалка 840-880°С отпуск 550-600°С до 16 мм	630-780 (64-80)	430 (44)	17	-	KU Дж (кгс·м) 25 (2,5)	-
		от 16 до 40 мм	600-750 (61-76)	380 (39)	19	-	25 (2,5)	-
		от 40 до 100 мм	550-700 (56-71)	315 (32)	20		25 (2,5)	-
Поковки до 800 мм	ГОСТ 8479-70 300-500 мм	Нормализация	390(40)	195(20)	20	45	49(5)	111-156
	500-800 мм				18	38	44(4,5)	
	100-300 мм		430(44)	215(22)	20	48	49(5)	123-167
	300-500 мм				18	40	44(4,5)	
	500-800 мм				16	35	39(4)	
	До 100 мм		470(48)	245(25)	22	48	49(5)	143-179
	100-300 мм				19	42	39(4)	
	300-500 мм				17	35	34(3,5)	
	До 100 мм	Закалка с отпуском	530(54)	275(28)	20	40	44(4,5)	156-197
	100-300 мм				17	38	34(3,5)	
	До 100 мм		570(58)	315(32)	17	38	39(4)	167-207
Лист 4-160 мм полоса 6-60 мм	ГОСТ 1577-93	Базовое исполнение (до 80 мм включ.)						
		Без термообработки	–	–	–	–	–	207

Окончание таблицы 3.2.2

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм² (кгс/мм²)	$\sigma_т$, Н/мм² (кгс/мм²)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см² (кгс·м/см²)	
			не менее					
Лист 4-160 мм полоса 6-60 мм	ГОСТ 1577-93	По требованию потребителя (до 80 мм включ.)						
		Лист Без т/обработки. нормализация (860-890°С)	520 (53)	-	21	-	-	-
		Отожженный, высоко отпущенный	480 (49)	-	22	-	-	-
		Полоса Нормализация (860-890 °С)	530 (54)	315 (32)	20	45	-	-
		По соглашению с изготовителем						
		Полоса Нормализация (860-890°С)			Направление проката: Вдоль / Попер.			
		до 16 мм	480-670 (49-68)	300 (30,5)	21 / 19	-	-	-
		от 16 до 100 мм	480-670 (49-68)	270 (27,5)	21 / 19	-	-	-
		от 100 до 160 мм	460-650 (47-66)	245 (25)	19 / 17	-	-	-
		Закалка с отпуском (840-870°С вода 540-680°С)					KV Дж (кгс·м)	
		до 16 мм включ.	630-780 (64-80)	430 (44)	17	40	35(3,5)	-
		св.16 до 40	600-750 (61-76)	370 (37,5)	19	45	35(3,5)	-
		Св.40 до 100 мм	550-700 (56-71)	320 (32,5)	20	50	35 (3,5)	-
Трубы бесшовные Ø 25-850 мм	ГОСТ 8731-74	Без термообработки	510 (52)	294 (30)	17	-	-	не более 187
Трубы бесшовные Ø 1,0-200 мм	ГОСТ 8733-74	Термообработанные	510 (52)	294 (30)	17	-	-	не более 187
Лист тонкий до 3,9	ГОСТ 16523-97	Горячекатаный		-	δ_4	-	-	-
		до 2 мм включ.	490-720 (50-73)		12			
		св. 2 мм			13			
		Холоднокатаный						
		до 2 мм		-	13	-	-	-
		св.2 мм			14			

Таблица 3.2.3 - Гарантированные значения механических свойств при высоких температурах [6]

Сортамент	Характеристика	Температура, °С							
		20	50	100	150	200	250	300	350
Сортовой прокат Ø, толщиной до 80 мм	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	530 (54)	530 (54)	520 (53)	510 (52)	510 (52)	500 (51)	500 (51)	500 (51)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	314 (32)	304 (31)	294 (30)	294 (30)	294 (30)	245 (25)	196 (20)	177 (18)
	δ, %	20	17	13	10	7	12	17	18
	ψ, %	45	45	45	45	45	45	45	45
Поковки до 300 мм КП 275	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	530 (54)	530 (54)	530 (54)	530 (54)	530 (54)	519 (53)	510 (52)	441 (45)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	275 (28)	265 (27)	265 (27)	265 (27)	245 (25)	225 (23)	216 (22)	196 (20)
	δ, %	17	15	12	9	6	10	14	16
	ψ, %	38	38	38	38	38	38	38	38
То же, до 100 мм КП 315	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	570 (58)	570 (58)	559 (57)	549 (56)	540 (55)	540 (55)	540 (55)	540 (55)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	315 (32)	304 (31)	304 (31)	294 (30)	274 (28)	255 (26)	245 (25)	225 (23)
	δ, %	15	13	11	9	6	8	11	12
	ψ, %	35	35	34	34	34	34	35	35

Таблица 3.2.4 - Предел выносливости [8]

σ_{-1}, МПа	τ_{-1}, МПа	Состояние стали
265	-	Нормализация 850 °С, $\sigma_в$= 320 МПа
245	147	Нормализация 850-890 °С. Отпуск 650-680 °С
402	-	Закалка 850 °С, отпуск 650 °С, $\sigma_в$= 710 МПа

Таблица 3.2.5 - Ударная вязкость при отрицательных температурах KCU, Дж/см^2 [8]

Температура, °С					Термообработка
+20	-20	-30	-50	-60	
63	47	45	14	12	Нормализация

Таблица 3.2.6 - Технологические свойства [8]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, °С	1280
Минимальная температура конца ковки, °С	750
Свариваемость	Свариваемость ограничена. Для прочно-плотных швов не рекомендуется
Флокеночувствительность	Не чувствительная
Склонность к отпускной хрупкости	Не склонна
Плотность, г/см^3	7,85
Обрабатываемость резанием	Горячекатаная, 144-156 НВ и $\sigma_в$ = 510 МПа, Куб.ст. = 1,3

3.3 Сталь марки 40

Таблица 3.3.1 - Химический состав (по ГОСТ 1050-88)

В процентах

C	Si	Mn	Fe	Cr	Ni	P	S	As
				не более				
0,37-0,45	0,17-0,37	0,5-0,8	Осн.	0,25	0,3	0,035	0,04	0,08

Таблица 3.3.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс·м/см^2)	
			не менее					
Сортовой прокат Ø, Т до 250 мм, полоса, калиброванный прокат, калиброванный шестигранник, калиброванная полоса, со специальной отделкой поверхности	ГОСТ 1050-88	Базовое исполнение (М1)						
		Нормализация (870°С)	570 (58)	335 (34)	19	45	-	-
		По согласованию с изготовителем (М3)						
		Закалка (830-870 °С), отпуск (550-600 °С)					KU, Дж (кгс·м)	
		до 16 мм	650-800 (66-82)	460 (47)	16	-	20 (2)	-
		от 16 до 40 мм	630-780 (64-80)	400 (41)	18	-	20 (2)	-
		от 40 до 100 мм	600-750 (61-76)	355 (36)	19	-	20 (2)	-
Поковки до 800 мм	ГОСТ 8479-70							
	300-500 мм	Нормализация	430 (44)	215 (22)	18	40	44(4,5)	123-167
	500-800 мм				16	35	39(4)	
	100-300 мм		470 (48)	245 (25)	19	42	39(4)	143-179
	300-500 мм				17	35	34(3,5)	
	До 100 мм		530 (54)	275 (28)	20	40	44(4,5)	156-197
	100-300 мм				17	38	34(3,5)	
	300-500 мм	Закалка с отпуском	530 (54)	275 (28)	15	32	29(3)	156-197
	500-800 мм				13	30	29(3)	
	100-300 мм		570 (58)	315 (32)	14	35	34(3,5)	167-207
	До 100 мм		590 (60)	345 (35)	18	45	59(6)	174-217
Лист 4-160 мм Полоса 6-60 мм	ГОСТ 1577-93	Базовое исполнение (до 80 мм включ.)						
		Без термообработки	-	-	-	-	-	217

Окончание таблицы 3 3 2

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм² (кгс/мм²)	$\sigma_т$, Н/мм² (кгс/мм²)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см² (кгс·м/см²)	
			не менее					
Лист 4-160 мм Полоса 6-60 мм	ГОСТ1577-93	По требованию потребителя (до 80 мм включ.)						
		Лист Без т/обработки, нормализация	560 (57)	-	20	-	-	217
		отожженный, высоко отпущенный	520 (56)	-	21	-	-	187
		Полоса нормализация	570 (58)	335 (34)	19	45	-	-
		По соглашению с изготовителем						
		Полоса Нормализация (850-880 °С)			Направление проката			
					Вдоль	Попе-рек		
		до 16 мм	530-720 (54-73)	320 (32,5)	19	17	-	-	-
		от 16 до 100 мм	530-720 (54-73)	290 (29,5)	19	17	-	-	-
		от 100 до 160 мм	510-700 (52-71)	260 (26,5)	17	15	-	-	-
		Закалка с отпуском (830-860 °С), вода, отпуск (540-680 °С)						KV Дж (кгс·м)	-
		до 16 мм включ.	650-800 (66-82)	460 (47)	16		35	30 (3)	
		Св 16 до 40	630-780 (64-80)	400 (41)	18		40	30 (3)	
		Св 40 до 100 мм	600-750 (61-76)	350 (35,5)	19		45	30 (3)	
Сортовой прокат калиброванный и со специальной отделкой поверхности	ГОСТ10702-78	Отпуск или отжиг	590 (60)	-	-		40	-	не более 197
Лист тонкий до 3,9 мм	ГОСТ16523-97	См сталь 35							

Таблица 3.3.3 - Гарантированные значения механических свойств при высоких температурах [6]

Сортамент	Характеристика	Температура, °С							
		20	50	100	150	200	250	300	350
Поковки диаметром до 800 мм КП 275	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	530 (54)	510 (52)	500 (51)	491 (50)	491 (50)	491 (50)	471 (48)	461 (47)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	275 (28)	255 (26)	235 (24)	216 (22)	206 (21)	196 (20)	196 (20)	196 (20)
	δ, %	13	12	11	11	11	11	11	11
	ψ, %	30	30	30	30	30	29	28	28
То же, до 100 мм КП 345	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	590 (60)	569 (58)	559 (57)	549 (56)	530 (54)	530 (54)	530 (54)	510 (52)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	345 (35)	312 (32)	294 (30)	275 (28)	255 (26)	245 (25)	245 (25)	235 (24)
	δ, %	18	17	16	25	14	14	14	14
	ψ, %	45	45	45	45	45	45	45	45

Таблица 3.3.4 – Механические свойства при длительных испытаниях [8]

Предел ползучести			Предел длительной прочности		
t, °С	Скорость ползучести, %/ч	$\sigma_{поль}$ МПа	t, °С	τ, ч	$\sigma_{дб}$
400	1/100 000	100	400	10 000	260
450		50	500	10 000	70
500		30	400	100 000	190
			500	100 000	44

Таблица 3.3.5 - Предел выносливости [8]

σ_{-1}, МПа	Термообработка
231	Отжиг 850 °С, $\sigma_{0,2}$ =275 МПа, $\sigma_в$= 520 МПа
393	Закалка 845 °С, вода. Отпуск 550 °С. $\sigma_{0,2}$ = 600 МПа, $\sigma_в$= 710 МПа, 209 НВ
230	Закалка 845 °С, масло Отпуск 430 °С $\sigma_{0,2}$ =415 МПа, $\sigma_в$= 630 МПа

Таблица 3.3.5 - Ударная вязкость при отрицательных температурах KCU, Дж/см^2 [8]

Температура, °С			Термообработка
+20	-40	-80	
78	55	51	Закалка 850 °С, вода. Отпуск 400 °С

Таблица 3.3.6 - Технологические свойства [8]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, °С	1250
Минимальная температура конца ковки, °С	800
Свариваемость	Для сварных конструкций не применяется
Флокеночувствительность	Не чувствительная
Склонность к отпускной хрупкости	Не склонна
Обрабатываемость резанием	Горячекатаная, 170 НВ и $\sigma_в$ = 520 МПа Kvтв.спл = 1,2; Kvб ст. = 1,05

4 Стали легированные конструкционные

4.1 Сталь марки 20Х

Таблица 4.1.1 - Химический состав (по ГОСТ 4543-71)

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Fe	P	S	Cu	Ni
					не более			
0,17-0,23	0,17-037	0,5-0,8	0,7-1,0	Осн.	0,035	0,035	0,3	0,3

Таблица 4.1.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс·м/см^2)	
			не менее					
Сортовой прокат Ø, f до 250 мм, калиброванный, калиброванный со специальной отделкой поверхности, полоса	ГОСТ 4543-71	Термообработанный	Не определяются					не более 179
		Нагартованный						не более 229
		Закалка: 1 – 880 °С, 2 – 770-820 °С, вода, масло, отпуск 180 °С	На образцах					-
			780 (80)	635 (65)	11	40	59 (6)	
Поковки до 800 мм	ГОСТ 8479-70 до 100 мм	Нормализация	390 (40)	195 (20)	26	55	59 (4)	111-156
	100-300 мм				23	50	54 (5,5)	
	300-500 мм				20	45	49 (5)	
	До 100 мм		430 (44)	215 (22)	24	53	54 (5,5)	123-167
	100-300 мм				20	48	49 (5)	
	До 100 мм	Закалка с отпуском	470 (48)	245 (25)	22	48	49 (5)	143-179
	100-300 мм				19	42	39 (4)	
	До 100 мм		530 (54)	275 (28)	20	40	44 (4.5)	156-197
	100-300 мм				17	38	34 (3,5)	
	100-300 мм		570 (58)	315 (32)	14	35	34 (3,5)	167-207
	100-300 мм		590 (60)	345 (35)	17	40	54 (5,5)	174-217
Пруток 60 мм		Цементация 920-950 °С, воздух; закалка 800 °С, масло; отпуск 180 °С [8]	640 (65)	390 (40)	13	40	49 (5)	250 (поверхности 55-63 HRC)

Окончание таблицы 4.1.2

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм² (кгс/мм²)	$\sigma_т$, Н/мм² (кгс/мм²)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см² (кгс·м/см²)	
			не менее					
Трубы бесшовные Ø от 25 до 850 мм	ГОСТ 8731-74	Без термообработки	431 (44)	-	16	-	-	-
Трубы бесшовные Ø от 1,0 до 200 мм	ГОСТ 8733-74	Термообработанные	431 (44)	-	17	-	-	не более 179
Лист от 4 до 80 мм Полоса от 6 до 60 мм	ГОСТ 1577-93	Без термообработки	Не определяются					-
Сортовой прокат калиброванный	ГОСТ 1051-73 73	В соответствии с заказом	По ГОСТ 4543-71					

Таблица 4 1.3 - Механические свойства для деталей арматуры (поСТ ЦКБА 026-2005)

Термообработка		Сечение, мм не более	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
Закалка t, °С	Отпуск t, °С		$\sigma_т$, МПа (кгс/мм²)	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм²)	δ_5, %	ψ, %	KCU, кДж/м² (кгс·м/см²)	
			Не менее					
880-900 вода	500-560 воздух	80	343(35)	588(60)	16	45	588(6)	174-217

Таблица 4 1.4 - Гарантированные механические свойства при высоких температурах [6]

Сортамент	Характеристика	Температура, °С										
		20	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Прутки и полосы диаметром или толщиной до 80 мм	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм²)	785 (80)	755 (77)	755 (77)	745 (76)	735 (75)	715 (73)	676 (69)	649 (66)	578 (55)	540 (55)	471 (48)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм²)	638 (65)	589 (60)	589 (60)	568 (58)	559 (57)	529 (54)	510 (52)	490 (50)	461 (47)	441 (45)	432 (44)
	δ, %	11	11	10	10	10	10	10	11	11	12	9
	ψ, %	40	38	38	38	38	38	40	40	42	42	46
То же, от 80 до 150 мм	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм²)	785 (80)	755 (77)	726 (74)	726 (74)	726 (74)	726 (74)	726 (74)	687 (70)	608 (62)	540 (55)	471 (48)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм²)	638 (65)	589 (60)	549 (56)	540 (55)	530 (54)	530 (54)	530 (54)	520 (53)	491 (50)	461 (47)	432 (44)
	δ, %	9	9	8	8	8	8	9	10	10	11	12
	ψ, %	35	33	31	31	30	32	35	37	37	40	40
То же, От 150 до 250 мм	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм²)	785 (80)	755 (77)	726 (74)	726 (74)	726 (74)	726 (74)	726 (74)	687 (70)	608 (62)	540 (55)	471 (48)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм²)	638 (65)	589 (60)	549 (56)	540 (55)	530 (54)	530 (54)	530 (54)	520 (53)	491 (50)	461 (47)	432 (44)
	δ, %	8	8	7	7	7	8	8	9	9	10	10
	ψ, %	30	28	27	26	25	28	30	31	31	34	34
Поковки диаметром до 500 мм КП 195	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм²)	390 (40)	373 (38)	363 (37)	363 (37)	363 (37)	363 (37)	363 (37)	333 (34)	304 (31)	265 (27)	235 (24)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм²)	195 (20)	177 (18)	167 (17)	167 (17)	167 (17)	167 (17)	167 (17)	157 (16)	147 (15)	137 (14)	128 (13)
	δ, %	20	19	18	18	18	19	20	20	20	22	24
	ψ, %	45	42	40	40	38	41	45	48	51	51	51

Окончание таблицы 4 1 4

Сортамент	Характеристика	Температура, ^{0}С										
		20	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
То же, до 300 мм КП 215	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	430 (44)	412 (42)	402 (41)	402 (41)	402 (41)	402 (41)	402 (41)	373 (38)	333 (34)	294 (30)	255 (26)
	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	215 (22)	196 (20)	196 (20)	196 (20)	196 (20)	196 (20)	196 (20)	177 (18)	167 (17)	157 (16)	147 (15)
	δ, %	20	18	16	16	16	18	20	20	20	20	20
	ψ, %	45	42	40	40	38	41	45	48	51	51	51
То же, до 300 мм КП 245	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	470 (48)	451 (46)	432 (44)	432 (44)	432 (44)	432 (44)	412 (42)	402 (41)	363 (37)	323 (33)	294 (30)
	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	245 (25)	226 (23)	206 (21)	206 (21)	206 (21)	206 (21)	206 (21)	196 (20)	196 (20)	177 (18)	167 (17)
	δ, %	19	19	17	17	17	17	17	17	17	17	15
	ψ, %	42	39	37	37	35	39	42	44	48	48	48
То же, до 300 мм КП 275	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	530 (54)	500 (51)	491 (50)	491 (50)	491 (50)	491 (50)	491 (50)	461 (47)	412 (42)	353 (36)	323 (33)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	275 (28)	245 (25)	235 (24)	235 (24)	235 (24)	235 (24)	235 (24)	216 (22)	206 (21)	196 (20)	177 (18)
	δ, %	17	16	15	15	15	18	20	20	20	20	20
	ψ, %	38	35	34	34	32	34	38	41	43	43	43
То же, от 100 до 300 мм КП 315	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	570 (58)	540 (55)	520 (53)	520 (53)	520 (53)	520 (53)	520 (53)	491 (50)	441 (45)	373 (38)	343 (35)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	315 (32)	275 (28)	265 (27)	265 (27)	265 (27)	265 (27)	265 (27)	245 (25)	235 (24)	226 (23)	196 (20)
	δ, %	14	13	12	12	12	16	16	16	16	16	16
	ψ, %	35	32	31	31	29	31	35	35	40	40	40
То же, от 100 до 300 мм КП 345	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	590 (60)	559 (57)	540 (55)	540 (55)	540 (55)	540 (55)	540 (55)	500 (51)	451 (46)	383 (39)	353 (36)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	345 (35)	294 (30)	284 (29)	284 (29)	284 (29)	284 (29)	284 (29)	265 (27)	255 (26)	245 (25)	216 (22)
	δ, %	14	13	12	12	12	14	16	16	16	16	16
	ψ, %	35	32	31	31	29	31	35	35	40	40	40

Таблица 4 1.5 - Предел ползучести стали [8]

t, ^{0}С	Скорость ползучести, %/ч	σ пол, МПа
400	1/10 000	137
450		88
500		59

Таблица 4 1 6 - Предел выносливости стали при n = 10^7 [8]

σ_{-1}, МПа	Состояние стали
235	Нормализация $\sigma_{0,2}$ =295-395 МПа, $\sigma_в$ = 450-590 МПа, НВ 143-179
295	Закалка с высоким отпуском $\sigma_{0,2}$ = 490 МПа, $\sigma_в$= 690 МПа, НВ 217-235
412	Цементация Закалка с низким отпуском $\sigma_{0,2}$ =790 МПа, $\sigma_в$= 930 МПа, HRC 57-63

Таблица 4.1.7 - Ударная вязкость при отрицательных температурах KCU, Дж/см^2 [8]

Температура, °С				Состояние стали
+20	-20	-40	-60	
280-286	280-289	277-287	261-274	Пруток Ø 115 мм. Закалка. Отпуск

Таблица 4.1.8 - Влияние термообработки на ударную вязкость при отрицательных температурах (пруток Ø 115 мм) [17]

Состояние стали	KCU, кгс·м/см^2 при t, °С						
	+20	0	-20	-40	-60	-80	-100
Горячекатаный	8,9-14,9	7,9-10,6	8,7-12	8-9,3	0,6-3,3	0,5-1	0,5
Отожженный	15,3-18,3	13,4-15,7	7,4-11	6,7-8,4	1,6-5,5	0,4-0,8	0,4-0,7
Нормализованный	22,6-24,1	24-24,2	17,5-23,2	17,2-21,2	15,2-16,5	0,4-13,7	1-11
Закалка с отпуском	28,6-29,2	28,9-29,2	28,6-29,5	28,3-29,3	26,6-28	22,6-28	19,4-28

Таблица 4.1.9 - Технологические свойства [8]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, °С	1260
Минимальная температура конца ковки, °С	750
Свариваемость	Сваривается без ограничений
Флокеночувствительность	Малочувствительная
Склонность к отпускной хрупкости	Не склонна
Обрабатываемость резанием	Горячекатаная при твердости > 131 НВ и $\sigma_в$ = 450 МПа, Kvтв.спл = 1,7, Kvб.ст = 1,3

4.2 Сталь марки 10Г2

Таблица 4 2 1 - Химический состав (по ГОСТ 4543-71)

В процентах

C	Si	Mn	Fe	S	P	Cu	Ni	Cr
				не более				
0,07-0,15	0,17-0,37	1,2-1,6	Осн.	0,035	0,035	0,3	0,3	0,3

Таблица 4 2 2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
			$\sigma_в$ Н/мм² (кгс/мм²)	$\sigma_т$, Н/мм² (кгс/мм²)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см² (кгс м/см²)	
			не менее					
Сортовой прокат Ø, Т до 250 мм, калиброванный, калиброванный со специальной отделкой поверхности, полоса	ГОСТ 4543-71	Термообработанный	Не определяются					не более 196
		Нагартованный						не более 269
		Нормализация 920 °С	На образцах					-
			420 (43)	245 (25)	22	50	-	
Поковки до 800 мм	ГОСТ 8479-70 до 100 мм	Нормализация	430 (40)	215 (22)	24	53	54 (5,5)	123-167
	100-300 мм				20	48	49 (5)	
	300-500 мм				18	40	44 (4,5)	
Трубы бесшовные Ø от 25 до 850 мм	ГОСТ 8731-74	Без термообработки	421 (43)	265 (27)	21	-	29(3) при -60 °С	не более 197
Трубы бесшовные Ø от 1,0 до 200 мм	ГОСТ 8733-74	Термообработанный	422 (43)	245 (25)	22	-	29(3) при -60 °С	не более 197
Трубы бесшовные Ø от 19 до 219 мм До 219 мм	ГОСТ 550-75	Поставка	421 (43)	265 (27)	21	50	118(12) при -40 °С 25(2,5)	не более 197
Лист 4-80 мм	ГОСТ 1577-93	Базовое исполнение (М1)						
		Без термообработки	-	-	-	-	-	-
		По требованию потребителя						
		Лист Без т/обработки, нормализация	440 (45)	-	28	-	-	-
		Отожженный, высокоотпущенный	400 (41)	-	29	-	-	-
		Полоса нормализация	-	-	-	-	-	-

Таблица 4.2.3 - Гарантированные механические свойства при повышенных температурах (по ГОСТ 14249-89)

Характеристика	Температура, °С							
	20	100	150	200	250	300	350	375
$\sigma_в$, МПа (кгс/см^2)	440 (4400)	385 (3850)	430 (4300)	439 (4390)	444 (4440)	445 (4500)	441 (4410)	425 (4250)
$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/см^2)	270 (2700)	240 (2400)	231 (2310)	222 (2220)	218 (2180)	201 (2010)	185 (1850)	162 (1620)

Таблица 4.2.4 - Ударная вязкость при отрицательных температурах (KCU, Дж/см^2) [8]

Термообработка	KCU, Дж/см^2 (кгс·м/см^2) при t, °С		
	20	-40	-70
Отжиг 900 °С	(28,6 280	(15,6) 153	(12,0) 117
Нормализация 900 °С	(37,2) 364	(28,2) 276	(18,9) 185
Закалка 900 °С, отпуск 500 °С	(32,8) 321	(31,0) 304	(21,5) 211
Закалка 900 °С, отпуск 600 °С	(37,8)	(35,0)	(25,0)
Закалка 900 °С, отпуск 650 °С	(39,0)	(36,0)	(27,5)

Таблица 4.2.5 - Предел ползучести [8]

t, °С	Скорость ползучести, %/ч	σ пол., МПа
425	1/10 000	137
485		69
550		26

Таблица 4.2.6 - Предел выносливости [8]

σ_{-1}, МПа	$\sigma_в$, сталь после нормализации 880 °С
221	530 МПа
289	590 МПа

Таблица 4.2.7 - Физические свойства стали [22]

Коэффициент линейного расширения		Модуль нормальной упругости		Плотность, г/см^3
t, °С	$\alpha \cdot 10^6$, 1/°С	t, °С	10^{-5}Е, МПа (10^{-6}Е, кгс/см^2)	
20-100	13	20	1,99	7790
20-200	14	100	1,91	
20-300	15,3	150	1,86	
20-400	16,1	200	1,81	
20-500	16,2	250	1,76	
		300	1,71	
		350	1,64	
		400	1,55	
		450	1,40	

Таблица 4.2.8 – Технологические свойства стали [22]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, °С	1250
Минимальная температура конца ковки, °С	780
Свариваемость	Сваривается без ограничений
Склонность к отпускной хрупкости	Не склонна

4.3 Сталь марки 40Х (мартенситного класса)

Таблица 4.3 1 - Химический состав (по ГОСТ 4543-71)

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Fe	P	S	Cu	Ni
					не более			
0 36-0,44	0,17-0,37	0,5-0,8	0,8-1,1	Осн	0,035	0,035	0,3	0,3

Таблица 4 3 2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс·м/см^2)	
			не менее					
Сортовой прокат Ø, ⌀ до 250 мм, калиброванный, калиброванный со специальной отделкой поверхности, полоса*	ГОСТ 4543-71	Термообработанный	Не определяются					не более 217
		Нагартованый						не более 269
		Закалка - 860 °С, масло, отпуск 500°С, вода	На образцах					
			980 (100)	785 (80)	10	45	59 (6)	-
Поковки до 800 мм	ГОСТ 8479-70							
500-800 мм		Нормализация	470 (48)	245 (25)	15	30	34(3,5)	143-179
300-500 мм			530 (54)	275 (28)	15	32	29(3)	156-197
500-800 мм		Закалка с отпуском	530 (54)	275 (28)	13	30	29(3)	156-197
До 100 мм					17	38	39(4)	
100-300 мм		Нормализация	570 (58)	315 (32)	14	35	34(3,5)	167-207
300-500 мм		Закалка	570	315	12	30	29(3)	
500-800 мм		с отпуском	(58)	(32)	11	30	29(3)	167-207
До 100 мм					18	45	59(6)	
100-300 мм		Нормализация			17	40	54(5,5)	
300-500 мм			590 (60)	345 (35)	14	38	49(5)	174-217
До 100 мм			615	395	17	45	59(6)	187-229
100-300 мм		Закалка	(63)	(40)	15	40	54(5,5)	
300-500 мм		с отпуском			13	35	49(5)	
До 100 мм			636(65)	440(45)	16	45	59(6)	197-235
100-300 мм					14	40	54(5,5)	
До 100 мм			655(67)	490(50)	16	45	59(6)	212-248
100-300 мм					13	40	54(5,5)	
Лист 4-80 мм Полоса 6-60 мм	ГОСТ 1577-93	Базовое исполнение (М1) (до 80 мм включ.)						
		Без термообработки	Не определяются					

Окончание таблицы 4.3 2

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм² (кгс/мм²)	$\sigma_т$, Н/мм² (кгс/мм²)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см² (кгс·м/см²)	
			не менее					
Лист 4-80 мм Полоса 6-60 мм	ГОСТ 1577-93	По требованию потребителя (до 80 мм включ.)						
		Лист Без т/обработки, нормализация	-	-	-	-	-	-
		Отожженный, высокоотпущенный	-	-	-	-	-	-
		Полоса нормализация	-	-	-	-	-	-
		По соглашению с изготовителем						
		Полоса Закалка с отпуском (820-850°С вода, 540-680°С)					KV Дж (кгс·м)	
		до 16 мм включ.	1000-1200 (102-122)	800 (81,5)	10	30	30 (3)	-
		Св 16 до 40	900-1100 (92-112)	660 (67,5)	12	35	35 (3,5)	-
		Св.40 до 100 мм	800-950 (82-97)	560 (57)	14	40	35 (3,5)	
Сортовой прокат калиброванный	ГОСТ 1051-73	В соответствии с заказом	По ГОСТ 4543-71					
Трубы бесшовные Ø 25-850 мм	ГОСТ 8731-74	Без термообработки	657 (67)	-	9	-	-	не более 269
Трубы бесшовные Ø 1,0-200 мм	ГОСТ 8733-74	Термообработанные	618 (63)	-	14	-	-	не более 217

* Для АЭС сортовой прокат Ø, □ от 10 до 200 мм поставляется Челябинским металлургическим заводом по ТУ 14-1-5036-91 с определением механических свойств при 20 °С и 350 °С, неметаллических включений, УЗК (по требованию) и подтверждением tк.о. (не выше 40 °С).

Таблица 4 3.3 - Механические свойства для деталей арматуры (поСТ ЦКБА 026-2005)

Термообработка		Сечение, мм не более	Механические свойства при 20 °С					Твердость НВ (HRC)
Закалка, t, °С	Отпуск, t, °С		$\sigma_т$, МПа (кгс/мм²)	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм²)	δ_5, %	ψ, %	KCU кДж/м² (кгс·м/см²)	
			не менее					
840-870 °С, масло или через воду в масло	130-200	25	1274(130)	1470(150)	~7	~25	294(3)	(46,4-53,1)
	400-420	30	882(90)	1078(110)	~7	~35	392(4)	(36,7-43,5)
	500-560	30	784(80)	931(95)	12	40	588(6)	293-331
	560-580	50	686 (70)	833(85)	13	42	588(6)	262-311
	580-600	80	539(55)	686(70)	15	45	588(6)	223-262
	600-620	120	490(50)	657(67)	13	40	490(5)	212-248
	620-660	200	441(45)	637 (65)	14	40	539(5,5)	197-235

Таблица 4.3.4 - Гарантированные механические свойства при высоких температурах [6]

Сортамент	Характеристика	Температура, °С										
		20	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Прутки и полосы Ø или толщиной до 80 мм	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм²)	981 (100)	981 (100)	961 (98)	942 (96)	932 (95)	932 (95)	932 (95)	824 (84)	726 (74)	628 (64)	520 (53)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм²)	785 (80)	765 (78)	755 (77)	726 (74)	706 (72)	687 (70)	687 (70)	638 (65)	608 (62)	540 (55)	432 (44)
	δ, %	10	10	10	11	11	12	13	13	14	14	14
	ψ, %	45	43	41	37	34	40	44	50	55	55	55
То же, от 80 до 150 мм	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм²)	981 (100)	981 (100)	961 (98)	942 (96)	932 (95)	932 (95)	932 (95)	824 (84)	726 (74)	628 (64)	520 (53)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм²)	785 (80)	765 (78)	755 (77)	726 (74)	706 (72)	687 (70)	687 (70)	638 (65)	608 (62)	540 (55)	432 (44)
	δ, %	8	8	8	9	9	10	10	10	11	11	11
	ψ, %	40	38	36	33	30	36	39	44	49	49	49
То же, более 150 до 250 мм	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм²)	981 (100)	981 (100)	961 (98)	942 (96)	932 (95)	932 (95)	932 (95)	824 (84)	726 (74)	628 (64)	520 (53)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм²)	785 (80)	765 (78)	755 (77)	726 (74)	706 (72)	687 (70)	687 (70)	638 (65)	608 (62)	540 (55)	432 (44)
	δ, %	7	7	7	8	8	8	9	9	10	10	10
	ψ, %	35	33	32	29	26	31	34	39	43	43	43
Поковки Ø, толщиной от 500 мм до 800 мм КП 245	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм²)	470 (48)	461 (47)	461 (47)	451 (46)	441 (45)	441 (45)	441 (45)	392 (40)	343 (40)	304 (31)	304 (31)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм²)	245 (25)	235 (24)	235 (24)	226 (23)	226 (23)	216 (22)	216 (22)	196 (20)	186 (19)	167 (17)	137 (14)
	δ, %	15	15	15	16	16	18	19	19	20	20	20
	ψ, %	30	28	27	25	23	26	30	33	37	41	41
То же, от 300 до 800 мм КП 275	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм²)	530 (54)	520 (53)	520 (53)	510 (52)	500 (51)	500 (51)	500 (51)	451 (46)	392 (40)	334 (34)	334 (34)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм²)	275 (28)	265 (27)	365 (27)	255 (26)	245 (25)	235 (24)	235 (24)	226 (23)	216 (22)	196 (20)	157 (16)
	δ, %	12	12	12	13	13	14	15	15	16	16	16
	ψ, %	30	28	27	25	23	26	30	33	37	41	41

Окончание таблицы 4 3.4

Сортамент	Характеристика	Температура, °С										
		20	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
То же, до 800 мм КП 315	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм²)	570 (58)	559 (57)	559 (57)	549 (56)	540 (55)	540 (55)	540 (55)	481 (49)	422 (43)	363 (37)	363 (37)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм²)	315 (32)	304 (31)	304 (31)	294 (30)	284 (29)	275 (28)	275 (28)	255 (26)	245 (25)	216 (22)	177 (18)
	δ, %	11	11	11	12	12	13	14	14	15	15	15
	ψ, %	30	28	27	25	23	26	30	33	37	41	41
То же, до 500 мм КП 345	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм²)	590 (60)	590 (60)	590 (60)	569 (58)	559 (57)	559 (57)	559 (57)	491 (50)	432 (44)	373 (38)	314 (32)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм²)	345 (35)	334 (34)	333 (34)	314 (32)	304 (31)	304 (31)	294 (30)	275 (28)	265 (27)	235 (24)	196 (20)
	δ, %	11	11	11	12	12	13	14	14	15	15	15
	ψ, %	30	28	27	25	23	26	30	33	37	41	41
То же, до 500 мм КП 395	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм²)	615 (63)	608 (62)	608 (62)	589 (60)	589 (60)	589 (60)	589 (60)	520 (53)	462 (47)	343 (35)	275 (28)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм²)	395 (40)	395 (40)	373 (38)	363 (37)	353 (36)	343 (35)	333 (34)	314 (32)	304 (31)	265 (27)	216 (22)
	δ, %	11	11	11	12	12	13	14	14	15	15	15
	ψ, %	30	28	27	25	23	26	30	33	37	41	41
То же, до 300 мм КП 440	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм²)	635 (65)	628 (64)	628 (64)	608 (62)	608 (62)	608 (62)	608 (62)	540 (55)	471 (48)	412 (42)	334 (34)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм²)	440 (45)	432 (44)	422 (43)	412 (42)	392 (40)	392 (40)	392 (40)	363 (37)	343 (35)	304 (31)	245 (25)
	δ, %	11	11	11	12	12	13	14	14	15	15	15
	ψ, %	30	28	27	25	23	26	30	33	37	41	41
То же, до 300 мм КП 490	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм²)	655 (67)	647 (66)	647 (66)	628 (64)	628 (64)	628 (64)	628 (64)	549 (56)	491 (50)	422 (43)	343 (35)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм²)	490 (50)	490 (50)	471 (48)	451 (46)	441 (45)	432 (44)	422 (43)	402 (41)	392 (40)	334 (34)	265 (27)
	δ, %	11	11	11	12	12	13	14	14	15	15	15
	ψ, %	30	28	27	25	23	26	30	33	37	41	41
То же, до 100 мм КП 540	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм²)	685 (70)	687 (70)	677 (69)	657 (67)	647 (66)	647 (66)	647 (66)	589 (60)	510 (52)	441 (45)	363 (37)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм²)	540 (55)	530 (54)	520 (53)	500 (51)	491 (50)	471 (48)	461 (47)	441 (45)	422 (43)	373 (38)	294 (30)
	δ, %	11	11	11	12	12	13	14	14	15	15	15
	ψ, %	45	42	40	37	34	39	45	49	55	61	61

Т а б л и ц а 4.3 5 - Предел ползучести (сталь с С = 0,36%, Cr = 1%, закалка 840 °С, отпуск 560 °С, данные ASTM) [34]

Скорость ползучести, %/ч	$\sigma_{пол}$, кгс/мм² при t, °С	
	425 °С	540 °С
10^{-6}	12,6	2,1

Таблица 4 3 6 - Предел выносливости стали 40Х [8]

σ_{-1} ,МПа	τ_{-1} ,МПа	n	Состояние стали
363	-	10^6	σ_B = 690 МПа
470	-	10^6	σ_B = 940 МПа
509	-	-	$\sigma_{0,2}$ = 870 МПа, σ_B = 960 МПа
333	240	$5\ 10^6$	σ_B = 690 МПа
372	-	-	Закалка 860 °С, масло, отпуск 550 °С

Таблица 4 3 7 - Влияние термической обработки на ударную вязкость [17]

t, °С	KCU, кгс/см^2 в зависимости от состояния стали							
	Горячекатаный		Отожженный		Нормализованный		Закалка с отпуском	
	Ø 18 мм	Ø 130 мм	Ø 18 мм	Ø 130 мм	Ø 18 мм	Ø 130 мм	Ø 18 мм	Ø 130 мм
+20	3-3,9	1,3-2,3	5,3-6	4,1-5	5,7-5,8	4,6-9	11,2	9,8-14,7
-40	1,9-3,2	0,3-0,6	3-3,7	2,2-2,3	3,5-3,7	4,4-6	8-8,2	7,5-8,1
-60	1,2-1,6	0,8-1,1	2,2-3	2,3-2,6	3,2-3,5	1,3-3,8	5,4-6,3	4,7-5
-80	-	0,4-0,6	0,5-0,8	0,6-0,9	1,2-2,2	1,2-1,5	4,6-5	2,4-3,8

Таблица 4.3 8 - Ударная вязкость при отрицательных температурах KCU, Дж/см^2 [8]

Температура, °С				Термообработка
+20	-25	-40	-70	
160	148	107	85	Закалка 850 °С, масло, отпуск 650 °С
91	82	-	54	Закалка 850 °С, масло, отпуск 580 °С

Таблица 4.3 9 - Технологические свойства [8]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, °С	1250
Минимальная температура конца ковки, °С	800
Свариваемость	Для сварных конструкций не применяется
Флокеночувствительность	Чувствительная
Склонность к отпускной хрупкости	Склонна
Обрабатываемость резанием	Горячекатаная при НВ 163-168 и $\sigma_в$ = 610 МПа Kvтв.спл = 1,2, Kvб ст. = 0,95

4.4 Сталь марки 20ХН3А

Таблица 4.4.1 –Химический состав (по ГОСТ 4543-71)

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Ni	Fe	P	S	Cu
						не более		
0,17-0,24	0,17-0,37	0,3-0,6	0,6-0,9	2,75-3,15	Осн	0,025	0,025	0,3

Таблица 4.4.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм² (кгс/мм²)	$\sigma_т$, Н/мм² (кгс/мм²)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см² (кгс·м/см²)	
			не менее					
Сортовой прокат Ø, l до 250 мм, калиброванный, калиброванный со специальной отделкой поверхности, полоса	ГОСТ 4543-71	В поставке термообр.	-	-	-	-	-	не более 255
		Закалка 820 °С, масло, 500 °С, вода или масло	На образцах					
			930(95)	735(75)	12	55	108(11)	-
	ГОСТ 1051-73	В соответствии с заказом	По ГОСТ 4543-71					
Поковки до 800 мм	ГОСТ 8489-70	Закалка с отпуском. до 100 мм	735(75)	590(60)	14	45	59(6)	235-277
			835(85)	685(70)	13	42	59(6)	262-311

Таблица 4.4.3 - Механические свойства для деталей арматуры (поСТ ЦКБА 026-2005)

Термообработка		Сечение, мм не более	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
Закалка, t, °С	Отпуск, t, °С		$\sigma_т$, МПа (кгс/мм²)	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм²)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/м² (кгс·м/см²)	
			не менее					
820-840, масло	500-580, вода или масло	50	686-784 (70-80)	833 (85)	12	55	784 (8)	248-284
		80	637 (65)	784 (80)	10	42	784 (8)	262-311

Таблица 4.4.4 - Механические свойства и предел ползучести при скорости ползучести $3 \cdot 10^{-3}$ %/ч в интервале температур 400 и 500 °С (закалка и высокий отпуск, пруток Ø 12 и 25 мм) [42]

t, °С	$\sigma_{0,05}$	$\sigma_{0,1}$	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_в$	δ	ψ	$\sigma_{пол}$, МПа
	МПа				%		
20	786	790	794	915	14,0	60,1	-
400	464	504	522	693	17,7	73,1	220
500	199	238	280	532	22,8	83,4	47

Таблица 4.4.5 - Предел выносливости при $n = 10^6$ [8]

σ_{-1}, МПа	τ_{-1}, МПа	Термообработка
382	-	$\sigma_в$ = 960 МПа. Закалка 820 °С, масло Отпуск 200 °С
338	225	$\sigma_в$ = 730 МПа. Закалка 820 °С, масло Отпуск 500 °С
421	-	$\sigma_в$ = 940 МПа. Закалка 800 °С, масло Отпуск 500 °С

Таблица 4.4.6 - Ударная вязкость KCU, Дж/см^2 [8]

Температура, ^{0}C				Сечение, мм	Термообработка
+20	-20	-40	-50(-60)		
86	-	85	-	10	Закалка 850 ^{0}C, масло, отпуск 200 ^{0}C
167	-	69	64	30	Закалка 880 ^{0}C, масло, отпуск 560 ^{0}C
167	-	83	73	50	Закалка 880 ^{0}C, масло, отпуск 560 ^{0}C
167	-	69	-	80	Закалка 880 ^{0}C, масло, отпуск 560 ^{0}C
196	122	100	(86)	-	Нормализация 860 ^{0}C, закалка 810 ^{0}C, отпуск 600 ^{0}C
167	-	118	78	220	Закалка 880 ^{0}C, масло, отпуск 630 ^{0}C

Таблица 4.4.7 - Физические свойства [8]

Коэффициент линейного расширения		Модуль нормальной упругости		Плотность, г/см^3
t, ^{0}c	α 10^6, 1/^{0}C	t, ^{0}c	E, ГПа	7,85
20-100	11,5	20	212	
20-200	11,7	100	204	
20-300	12	200	194	
20-400	12,6	300	188	
20-500	12,8	400	169	
		500	169	

Таблица 4.4.8 - Технологические свойства [8]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, ^{0}C	1220
Минимальная температура конца ковки, ^{0}C	809
Свариваемость	Для сварных конструкций не применяется
Флокеночувствительность	Чувствительна
Склонность к отпускной хрупкости	Склонна
Обрабатываемость резанием	В горячекатаном состоянии при НВ 177, $\sigma_в$ = 610 МПа Kv б.ст = 0,95, при НВ 228-235 и $\sigma_в$ = 57 кгс/мм^2 Kv тв.спл = 0,7; Kv б.ст = 0,4,

4.5 Сталь марки 30ХМА (мартенситного класса)

Таблица 4 5 1 - Химический состав (по ГОСТ 4543-71)

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Mo	Fe	P	S	Cu	Ni
						не более			
0,26-0,33	0,17-0,37	0,4-0,7	0,8-1,1	0,15-0,25	Осн	0,025	0,025	0,3	0,3

Таблица 4 5.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс·м/см^2)	
			не менее					
Сортовой прокат Ø, $\vec{l}$ до 250 мм, калиброванный, калиброванный и со специальной отделкой поверхности, полоса	ГОСТ 4543-71	Термообработанный	-	-	-	-	-	не более 229
		Закалка 880 °С, масло, 540 °С вода или масло	930 (95)	735 (75)	12	50	88 (9)	-
Сортовой прокат калиброванный от 5 до 100 мм	ГОСТ 1051-73-73	В соответствии с заказом	По ГОСТ 4543-71					
Поковки до 800мм	ГОСТ 8479-70 До 100 мм	Закалка с отпуском	615(63)	395(40)	17	45	49(5)	187-229
	100-300 мм		635(65)	440(45)	14	40	54(5,5)	197-235
	До 100 мм		655(67)	490(50)	16	45	59(6)	212-248
Трубы бесшовные Ø от 25 до 550 мм	ГОСТ 8731-74	Поставки (без термообработки)	588(60)	392(40)	13	-	-	-

Таблица 4 5 3 - Механические свойства для деталей арматуры (поСТ ЦКБА 026-2005)

Термообработка		Сечение, мм не более	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
Закалка t, °С	Отпуск t, °С		$\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU Дж/см^2 (кгсм/см^2)	
			Не менее					
860-880, масло	540-600	80	637-784 (65-80)	882 (92)	13	42	588 (6)	229-286
	620-640	120	539 (55)	813 (83)	16	40	392 (4)	223-262
	640-660	300	392 (40)	588 (60)	15	40	392 (4)	187-229

Таблица 4.5.4 - Гарантированные механические свойства при высоких температурах [6]

Сортамент	Характеристика	Температура, °С										
		20	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Трубы Ø от 25 до 710 мм, толщина стенки от 2,5 до 50 мм	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	589 (60)	569 (58)	559 (57)	540 (55)	530 (54)	530 (54)	530 (54)	520 (53)	510 (52)	432 (44)	402 (41)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	392 (40)	392 (40)	373 (38)	343 (35)	324 (33)	324 (33)	324 (33)	314 (32)	314 (32)	294 (30)	294 (30)
	δ, %	13	13	13	13	13	13	15	15	15	15	15
Заготовки толщиной или диаметром до 100 мм КП 395	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	618 (63)	608 (62)	598 (61)	598 (61)	559 (57)	549 (56)	540 (55)	540 (55)	530 (54)	471 (48)	422 (43)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	395 (40)	395 (40)	373 (38)	353 (36)	323 (33)	323 (33)	323 (33)	314 (32)	314 (32)	294 (30)	275 (28)
	δ, %	15	15	15	15	16	16	16	16	16	16	16
	ψ, %	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
То же, 300 мм КП 440	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	491 (50)	482 (49)	474 (48)	467 (47)	443 (45)	435 (44)	428 (43,5)	428 (43,5)	429 (43)	374 (38)	333 (34)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	440 (45)	425 (43)	415 (42)	390 (40)	365 (37)	345 (35)	323 (33)	294 (30)	275 (28)	265 (27)	255 (26)
	δ, %	15	15	15	15	16	16	16	16	16	16	16
	ψ, %	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
То же, от 100 до 200 мм КП 490	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	588 (60)	578 (59)	568 (58)	559 (57)	539 (55)	529 (54)	529 (54)	519 (53)	500 (51)	461 (47)	412 (42)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	490 (50)	490 (50)	461 (47)	441 (45)	402 (41)	382 (39)	367 (37)	343 (35)	323 (33)	304 (31)	294 (30)
	δ, %	15	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14
	Ψ, %	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
То же, до 100 мм КП 590	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	736 (75)	716 (73)	716 (73)	687 (70)	676 (69)	667 (68)	657 (67)	647 (66)	638 (65)	559 (57)	500 (51)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	590 (60)	569 (58)	559 (57)	510 (52)	461 (47)	432 (44)	412 (42)	392 (40)	392 (40)	353 (36)	343 (35)
	δ, %	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15
	ψ, %	38	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37
То же, До 300 мм КП 640	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	785 (80)	775 (79)	755 (77)	746 (76)	706 (72)	697 (71)	687 (70)	687 (70)	669 (68)	598 (61)	530 (54)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	640 (65)	617 (63)	608 (62)	568 (58)	529 (54)	480 (49)	461 (47)	441 (45)	441 (45)	412 (42)	382 (39)
	δ, %	13	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13
	ψ, %	42	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38
Прутки и полосы толщиной или Ø до 80 мм	$\sigma_в$ МПа (кгс/мм^2)	932 (95)	912 (93)	903 (92)	873 (89)	844 (86)	844 (86)	824 (84)	824 (84)	804 (82)	706 (72)	638 (65)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	736 (75)	716 (73)	697 (71)	657 (67)	608 (62)	608 (62)	598 (61)	598 (61)	598 (61)	559 (57)	520 (53)
	δ, %	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13
	ψ, %	50	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49
То же, Более 80 до 150 мм 300 до 800мм КП 245	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	932 (95)	912 (93)	903 (92)	873 (89)	844 (86)	844 (86)	824 (84)	824 (84)	804 (82)	706 (72)	638 (65)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	736 (75)	716 (73)	697 (71)	657 (67)	608 (62)	608 (62)	598 (61)	598 (61)	598 (61)	559 (57)	520 (53)
	δ, %	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11
	ψ, %	45	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44

Окончание таблицы 4 5 4

Сортамент	Характеристика	Температура, °С										
		20	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
То же, более 150 до 250 мм	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	932 (95)	912 (93)	903 (92)	873 (89)	844 (86)	844 (86)	824 (84)	824 (84)	804 (82)	706 (72)	638 (65)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	736 (75)	716 (73)	697 (71)	657 (67)	608 (62)	608 (62)	598 (61)	598 (61)	598 (61)	559 (57)	520 (53)
	δ, %	9	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	ψ, %	40	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39

Т а б л и ц а 4 5.5 - Механические свойства при испытании на длительную прочность и ползучесть [8, 22]

σ пол., МПа (кгс/мм^2)	Скорость ползучести, %/ч	t, °С	σ д п, МПа (кгс/мм^2)	Длительность, ч	t, °С
137(14)	1/100 000	425	333(34*)	10 000	425
(10,5)	1/100 000	450	285(29*)	100 000	425
137(14)	1/10 000	500	294(30*)	10 000	450
69	1/100 000	500	226(23*)	100 000	450
59	1/10 000	550	186(19)	10 000	500
34	1/100 000	550	127(13)	100 000	500
			108	10 000	550
			69	100 000	550
* По ГОСТ 20700					

Т а б л и ц а 4.5.6 - Предел выносливости [8]

σ_{-1}, МПа	n	Термообработка
407	107	$\sigma_{0,2}$ = 710 МПа, $\sigma_в$ = 820 МПа Закалка 870 °С, вода. Отпуск 600 °С
366	-	$\sigma_{0,2}$ = 710 МПа, $\sigma_в$ = 850 МПа, 260 НВ Закалка 880 °С, масло. Отпуск 560 °С
304	-	$\sigma_{0,2}$ = 530 МПа, $\sigma_в$ = 730 МПа, 212 НВ Закалка 880 °С, масло Отпуск 650 °С

Т а б л и ц а 4.5.7 - Ударная вязкость при отрицательных температурах KCU, Дж/см^2 [8]

Температура, °С			Термообработка
-20	-40	-60	
-	42	-	Закалка 880 °С, масло, отпуск 350 °С
147	-	108	Закалка 880 °С. Отпуск 350 °С
Плотность, г/см^3		7,82	

Т а б л и ц а 4.5 8 - Технологические свойства [8]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, °С	1260
Минимальная температура конца ковки, °С	760-800
Свариваемость	Для сварных конструкций не применяется
Чувствительность к отпускной хрупкости	Не склонна
Флокеночувствительность	Малочувствительна
Обрабатываемость резанием	При НВ 229-269 и $\sigma_в$ = 95 кгс/мм^2 Kvтв спл = 0,70; Kvб.ст = 0,3

4.6 Сталь марки 35ХМ (мартенситного класса)

Таблица 4.6.1 – Химический состав (по ГОСТ 4543-71)

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Mo	Fe	P	S	Cu	Ni
						не более			
0,32-0,4	0,17-0,37	0,4-0,7	0,8-1,1	0,15-0,25	Осн	0,035	0,035	0,3	0,3

Таблица 4.6.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс·м/см^2)	
			не менее					
Сортовой прокат Ø, ⌶ до 250 мм, калиброванный, калиброванный и со специальной отделкой поверхности, полоса	ГОСТ 4543-71	Термообработанный	-	-	-	-	-	не более 241
		Закалка 850 °С, масло, 560 °С вода или масло	930 (95)	835 (85)	12	45	78 (9)	-
Сортовой прокат калиброванный от 5 до 100 мм	ГОСТ 1051-73	В соответствии с заказом	По ГОСТ 4543-71					
Поковки до 800мм	ГОСТ 8479-70							
300-500 мм			470(48)	245(25)	17	35	34(3,5)	143-179
500-800 мм		Нормализация			15	30	34(3,5)	
100-300 мм			530(54)	275(28)	17	38	34(3,5)	156-197
300-500 мм					15	32	29(3)	
До 100 мм			570(58)	315(32)	17	38	39(4)	167-207
100-300 мм					14	35	34(3,5)	
До 100 мм			590(60)	345(35)	18	45	59(6)	174-217
500-800 мм			590(60)	345(35)	12	33	39(4)	174-217
100-300 мм			615(63)	395(40)	15	40	54(5,5)	174-217
300-500 мм		Закалка с отпуском			13	35	49(5)	187-229
500-800 мм					11	30	39(4)	
До 100 мм			635(65)	440(45)	16	45	59(6)	197-235
100-300 мм					14	40	54(5,5)	
300-500 мм					13	35	49(5)	
До 100 мм			655(67)	490(50)	16	45	59(6)	212-248
100-300 мм					13	40	54(5,5)	
До 100 мм			735(75)	590(60)	14	45	59(6)	235-277

Таблица 4.6.3 - Механические свойства стали для деталей арматуры (по СТ ЦКБА 026-2005)

Термообработка		Сечение, мм не более	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ (HRC)
Закалка, t, °С	Отпуск, t, °С		$\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCV, кДж/м^2 (кгс·м/см^2)	
			не менее					
840-860, масло	200-220	30	1176-1274 (120-130)	1372 (140)	10	45	490 (5)	(48,4-52,2 HRC)
	560-580	50	784-882 (80-90)	980 (100)	11	45	686(7)	294-331
	560-600	80	637-784 (65-80)	784 (80)	13	42	588 (6)	229-286
	600-630	120	588 (60)	784 (80)	15	50	686 (7)	235-277
	640-660	200	490 (50)	686 (70)	15	45	588 (6)	212-248

Таблица 4.6.4 - Гарантированные механические свойства при высоких температурах [6]

Сортамент	Характеристика	Температура, °С										
		20	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Поковки толщиной или Ø от 300 до 800 мм КП 245	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	470 (48)	461 (47)	451 (46)	441 (45)	441 (45)	432 (44)	422 (43)	412 (42)	392 (40)	353 (36)	304 (31)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	245 (25)	235 (24)	226 (23)	226 (23)	226 (23)	216 (22)	206 (21)	196 (20)	186 (19)	177 (18)	157 (16)
	δ, %	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	ψ, %	30	31	31	31	31	31	32	32	32	32	32
То же от 300 до 800 мм КП 275	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	530 (54)	520 (53)	510 (52)	500 (51)	491 (50)	491 (50)	491 (50)	471 (48)	441 (45)	402 (41)	333 (34)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	275 (28)	265 (27)	265 (27)	255 (26)	245 (25)	245 (25)	235 (24)	226 (23)	206 (21)	196 (20)	177 (18)
	δ, %	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	ψ, %	30	30	31	31	31	32	32	32	32	32	32
То же до 800 мм КП 315	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	570 (58)	559 (57)	549 (56)	540 (55)	530 (54)	520 (53)	510 (52)	500 (51)	471 (48)	432 (44)	363 (37)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	315 (32)	304 (31)	294 (30)	294 (30)	284 (29)	275 (28)	265 (27)	245 (26)	235 (24)	226 (23)	196 (20)
	δ, %	10	10	10	10	20	10	10	10	10	10	10
	ψ, %	30	31	31	31	31	31	32	32	32	32	32
То же до 800 мм КП 345	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	590 (60)	590 (60)	569 (57)	559 (57)	549 (56)	540 (54)	530 (54)	520 (53)	491 (50)	451 (46)	373 (38)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	345 (35)	333 (34)	323 (33)	314 (32)	314 (32)	294 (30)	294 (30)	294 (30)	245 (25)	245 (25)	216 (22)
	δ, %	10	10	10	10	20	10	10	10	10	10	10
	ψ, %	30	31	31	31	31	31	32	32	32	32	32
То же от 50 до 800 мм КП 395	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	615 (63)	608 (62)	596 (61)	589 (60)	589 (60)	569 (58)	559 (57)	549 (56)	510 (52)	471 (48)	392 (40)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	395 (40)	395 (40)	373 (38)	363 (37)	353 (36)	343 (35)	333 (34)	323 (33)	294 (30)	294 (30)	245 (25)
	δ, %	10	10	10	10	20	10	10	10	10	10	10
	ψ, %	30	31	31	31	31	31	32	32	32	32	32

Продолжение таблицы 4 6 4

Сортамент	Характеристика	Температура, °С										
		20	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
То же от 50 до 500 мм КП 440	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	635 (65)	628 (64)	618 (63)	598 (61)	598 (61)	589 (60)	589 (60)	559 (57)	530 (54)	491 (50)	392 (40)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	440 (45)	432 (44)	422 (43)	412 (42)	402 (41)	392 (40)	392 (40)	363 (37)	323 (33)	314 (32)	294 (30)
	δ, %	10	10	10	10	20	10	10	10	10	10	10
	ψ, %	30	31	31	31	31	31	32	32	32	32	32
То же до 300 мм КП 490	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	657 (67)	647 (66)	638 (65)	628 (64)	608 (62)	598 (61)	589 (60)	579 (59)	540 (55)	500 (51)	422 (43)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	490 (50)	471 (48)	461 (47)	461 (47)	441 (45)	432 (44)	412 (42)	402 (41)	363 (37)	353 (36)	304 (31)
	δ, %	10	10	10	10	20	10	10	10	10	10	10
	ψ, %	30	31	31	31	31	31	32	32	32	32	32
То же до 50 мм КП 540	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	685 (70)	685 (70)	667 (68)	647 (66)	638 (65)	628 (64)	618 (63)	608 (62)	569 (58)	530 (54)	432 (44)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	540 (55)	520 (53)	510 (52)	500 (51)	491 (50)	471 (48)	461 (47)	441 (45)	392 (40)	392 (40)	343 (35)
	δ, %	10	10	10	10	20	10	10	10	10	10	10
	ψ, %	30	31	31	31	31	31	32	32	32	32	32
То же до 100 мм КП 590	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	735 (75)	726 (74)	716 (73)	697 (71)	687 (70)	687 (70)	667 (68)	647 (66)	608 (62)	569 (58)	461 (47)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	590 (60)	569 (58)	559 (57)	549 (56)	530 (54)	520 (53)	491 (50)	491 (50)	432 (44)	422 (43)	373 (38)
	δ, %	10	10	10	10	20	10	10	10	10	10	10
	ψ, %	30	31	31	31	31	31	32	32	32	32	32
Прутки и полосы толщиной, диаметром до 80 мм	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	932 (95)	912 (93)	903 (92)	883 (90)	883 (90)	853 (87)	844 (86)	824 (84)	785 (80)	716 (73)	589 (60)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	834 (85)	814 (83)	795 (81)	785 (80)	755 (77)	736 (75)	716 (73)	687 (70)	618 (63)	598 (61)	530 (54)
	δ, %	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	ψ, %	45	46	46	46	47	47	48	48	48	48	48
То же более 80 до 150 мм	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	932 (95)	912 (93)	903 (92)	883 (90)	883 (90)	853 (87)	844 (86)	824 (84)	785 (80)	716 (73)	589 (63)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	834 (85)	814 (83)	795 (81)	785 (80)	755 (77)	736 (75)	716 (73)	687 (70)	618 (63)	598 (61)	530 (54)
	δ, %	10	10	10	10	20	10	10	10	10	10	10
	ψ, %	40	41	41	41	42	42	42	42	42	42	42
То же более 150 до 250 мм	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	932 (95)	912 (93)	903 (92)	883 (90)	883 (90)	853 (87)	844 (86)	824 (84)	785 (80)	716 (73)	589 (60)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	834 (85)	814 (83)	795 (81)	785 (80)	755 (77)	736 (75)	716 (73)	687 (70)	618 (63)	598 (61)	530 (54)
	δ, %	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
	ψ, %	35	36	36	36	37	37	37	37	37	37	37
Заготовки для крепежа толщиной, Ø до 300 мм КП 440	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	491 (50)	479 (49)	469 (48)	459 (47)	459 (47)	449 (46)	439 (45)	428 (44)	408 (42)	367 (37)	316 (32)
	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	440 (45)	423 (43)	407 (41)	407 (41)	407 (41)	389 (40)	371 (38)	353 (36)	333 (34)	319 (32)	283 (29)
	δ, %	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	ψ, %	40	41	41	41	41	41	43	43	43	43	43

Продолжение таблицы 4 6 4

Сортамент	Характеристика	Температура, °С										
		20	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Заготовки для крепежа толщиной, Ø до 300 мм КП 640	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	784 (80)	765 (78)	749 (76)	732 (75)	732 (75)	717 (73)	701 (71)	701 (71)	651 (66)	586 (60)	505 (51)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	640 (65)	611 (62)	588 (60)	588 (60)	588 (60)	562 (57)	536 (55)	500 (51)	484 (49)	460 (47)	408 (42)
	δ, %	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	ψ, %	38	38	39	39	39	41	41	41	41	41	41

Таблица 4 6 5 - Механические свойства при испытании на длительную прочность [8], [11]

σ пол., МПа (кгс/мм^2)	t, °С	Скорость ползучести, %/ч	σ д п, МПа	t, °С	Время, ч
137(14)	425	1/100 000	340	425	10 000
157(16)	450	1/10 000	290	425	100 000
103	450	1/100 000	294	450	10 000
83	500	1/10 000	235	450	100 000
49	500	1/100 000	206	500	10 000
			147	500	100 000

Таблица 4.6 6 - Чувствительность к охрупчиванию при старении

Время, ч	t, °С	KCU, кгс·м/см^2
Без выдержки		8,5
40 000	450	10
20 000	500	7
40 000	550	9

Таблица 4.6 7 - Предел выносливости [8]

σ_{-1}, МПа	n	Состояние стали
333	-	$\sigma_{0,2}$ = 490 МПа, σ_B = 640 МПа, НВ 190-240
588	10^6	σ_B = 1370 МПа. Закалка 870 °С Отпуск 400 °С
441	10^6	σ_B = 980 МПа Закалка 870 °С Отпуск 600 °С
499	-	σ_B = 1030 МПа. Диаметр заготовки 20 мм

Таблица 4 6.8 - Технологические свойства [8]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, °С	1260
Минимальная температура конца ковки, °С	800
Свариваемость	Для сварных конструкций не применяется
Флокеночувствительность	Чувствительная
Плотность, г/см^3	7,82
Обрабатываемость резанием	После закалки и отпуска при НВ 212-248 и $\sigma_в$ = 660 МПа, Kvтв спл = 0,72; Kvб ст. = 0,8

4.7 Сталь марки 38Х2МЮА (38ХМЮА) (мартенситного класса)

Таблица 4.7.1 - Химический состав стали (по ГОСТ 4543-71)

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Mo	Al	Fe	S	P	Cu
							не более		
0,35-0,42	0,2-0,45	0,3-0,6	1,35-1,65	0,15-0,25	0,7-1,1	Осн	0,025	0,025	0,3

Таблица 4.7.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс·м/см^2)	
			не менее					
Сортовой прокат Ø, ⬡ до 250 мм, калиброванный, калиброванный со специальной отделкой поверхности, полоса	ГОСТ 4543-71	Термообработанный	-	-	-	-	-	не более 229
		Нагартованный	-	-	-	-	-	не более 255
		Закалка 940 °С, вода или масло, 640 °С вода или масло	На образцах					
			980(100)	835(85)	14	50	88(9)	-
Сортовой калиброванный прокат	ГОСТ 1051-73	В соответствии с заказом	По ГОСТ 4543-71					
Поковки до 800 мм	ГОСТ 8479-70	По ГОСТ в зависимости от толщины (диаметра) поковки и термообработки						

Таблица 4.7.3 - Механические свойства для деталей арматуры (поСТ ЦКБА 026-2005)

Термообработка		Сечение, мм не более	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ (HRC)
Закалка, t, °С	Отпуск, t, °С		$\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс·м/см^2)	
			не менее					
935-965, масло	Вода или масло 620-650	40	833-882 (85-90)	1078 (110)	10	35	686 (7)	(32,8-38,7 HRC)
	640-670 воздух	160	588 (60)	735 (75)	13	40	490 (5)	235-277 НВ

Таблица 4.7.4 - Механические свойства при повышенных температурах * [8]

t, °С	$\sigma_{0,2}$ МПа	$\sigma_в$, МПа	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2
20	650	800	17	64	155
200	580	780	17	56	152
300	570	810	18	58	127
400	550	720	20	63	127
500	420	470	25	81	98
600	270	300	26	89	98

* Пруток. Закалка 930-940 °С, масло, 660 °С, воздух, твердость НВ ≥ 255.

Таблица 4.7.5 - Предел ползучести

σ пол., МПа	Скорость ползучести, %/ч	t, °С
196	1/100 000	450
82		500
14		550

Таблица 4.7.6 - Предел выносливости [8]

σ_{-1}, МПа	n	Термообработка
392-480	10^7	Закалка 940 °С, масло. Отпуск 660 °С, $\sigma_{0,2}$ = 650 МПа, $\sigma_в$ = 810 МПа, 255 НВ
608-617	-	Закалка 940 °С, масло Азотирование 500 °С, 48 ч

Таблица 4.7.7 - Релаксационная стойкость при 450 °С [11]

σ_0, МПа	Остаточное напряжение, МПа, за время, ч		
	1000	3000	5000
300	116	88	65
250	100	75	56

Таблица 4.7.8 - Чувствительность к охрупчиванию [18]

τ, ч	t, °С	KCU, кгс м/см^2
Без выдержки		16
10 000	500	16
5 000	550	17,5
10 000	550	16
20 000	550	18,5

Таблица 4.7.9 - Ударная вязкость стали при отрицательных температурах [22]

t, °С	20	-40	-60	-80	-120	-150	-196
KCU, кгс·м/см^2	10,1	9,0	8,8	6,5	4,7	3,7	1,6

Таблица 4.7.10- Физические свойства стали [8]

Коэффициент линейного расширения		Модуль нормальной упругости		Плотность, г/см^3
t, °С	α ·10^6, 1/ °С	t, °С	E, ГПа	
20-100	11,5	20	209	7,71
20-200	11,8	100	202	
20-300	12,7	200	194	
20-400	13,4	300	190	
20-500	13,9	400	181	
20-600	14,7	500	174	
		600	162	

Таблица 4.7.11 - Технологические свойства [8]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, °С	1240
Минимальная температура конца ковки, °С	800
Свариваемость	Для сварных конструкций не применяется
Флокеночувствительность	Чувствительна
Склонность к отпускной хрупкости	Не склонна

Т а б л и ц а 4 7 12 – Механические свойства и режимы термической обработки для азотируемых деталей [76]

Режим термической обработки	Поверхностная твердость H_V	Толщина детали max, мм	Механические свойства						
			$\sigma_{в}$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 кгс м/см^2)	σ_w* МПа (кгс/мм^2)	НВ
			не менее						
Закалка 930-950 °С, охлаждение в масле, отпуск 600-670 °С, азотирование 520-560 °С	> 900 или ≥ 700 при глубине слоя ≥ 0,3 мм	До 45	100	85	15	50	9	~ 48	286
* σ_w – Предел усталости при изгибе									

4.8 Сталь марки 40ХН2МА

Таблица 4.8.1 - Химический состав (по ГОСТ 4543-71)

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Fe	S	P	Cu
							не более		
0,37-0,44	0,17-0,37	0,5-0,8	0,6-0,9	1,25-1,65	0,15-0,25	Осн	0,025	0.025	0,3

Таблица 4.8.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм² (кгс/мм²)	$\sigma_т$, Н/мм² (кгс/мм²)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см² (кгс м/см²)	
			не менее					
Сортовой прокат Ø, ⌶ до 250 мм, калиброванный прокат и со специальной отделкой поверхности, полоса	ГОСТ 4543-71	Поставка термообработанные, Нагартованный (Ø > 5 мм)	-	-	-	-	-	не более 269
		Закалка 850 °С, Масло, 620 °С, вода или масло	На образцах I вариант					
			1080 (110)	930 (95)	12	50	78 (8)	-
			II вариант					
			980 (100)	835 (85)	12	55	98 (10)	-
Сортовой прокат калиброванный	ГОСТ 1051-73	В соответствии с заказом	По ГОСТ 4543-71					
Поковки до 800 мм	ГОСТ 8479-70	Закалка с отпуском 500-800 мм	635 (65)	440 (49)	11	30	39 (4)	197-235
		300-500 мм	655 (67)	490 (50)	12	35	49 (5)	212-248
		500-800 мм			11	30	39 (4)	
		100-300 мм	685 (70)	540 (55)	13	40	49 (5)	223-262
		300-500 мм			12	35	44 (4,5)	
		100-300 мм			13	40	49 (5)	
		300-500 мм	735(75)	590(60)	12	35	44 (4,5)	235-277
		500-800 мм			10	30	39 (4)	
		100-300 мм	785(80)	640(65)	12	38	49 (5)	248-293
		300-500 мм			11	33	44 (4,5)	
		100-300 мм	835(85)	685(70)	12	38	49 (5)	262-311
		До 100 мм	880(90)	735(75)	13	40	59 (6)	277-321
		100-300 мм			12	35	49 (5)	
		До 100 мм	930(95)	785(80)	12	40	59 (6)	293-331
		100-300 мм			11	35	49 (5)	

Таблица 4 8 3 – Режим термообработки и механические свойства для деталей арматуры (поСТ ЦКБА 026-2005)

Термообработка		Сечение, мм не более	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
Закалка, t, °С	Отпуск, t, °С		$\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс·м/см^2)	
			не менее					
840-860, масло	200-250, масло или воздух	20	1470 (150)	1617 (165)	9	45	490 (5)	(49,3-54,2 HRC)
	550-560, вода или масло	80	784-931 (80-95)	931 (95)	12	40	588 (6)	293-331
	550-620, вода или масло	100	735-833 (75-85)	882 (90)	13	40	588 (6)	277-321
	570-600, масло или воздух	240	588 (60)	735 (75)	13	40	490 (5)	235-277
	580-620, масло или воздух	500	490 (50)	657 (67)	12	35	490 (5)	212-248

Таблица 4.8 4 - Механические свойства при повышенных температурах [8]

t, °С	$\sigma_{0,2}$ МПа	$\sigma_в$, МПа	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2
Закалка 850 °С, масло, отпуск 580 °С					
20	950	1070	16	58	78
250	830	1010	13	47	109
400	770	950	17	63	84
500	680	700	18	80	54

Таблица 4.8.5 - Ударная вязкость при отрицательных температурах KCU, Дж/см^2 [8]

Температура, °С			Термообработка
20	-40	-60	
103	93	59	Закалка 860 °С, масло Отпуск 580 °С

Таблица 4 8 6 - Ударная вязкость и твердость при 20 °С после тепловой выдержки [42]

Характеристики	Исходные свойства	После выдержки 1000 ч при t, °С			
		325	400	475	550
KCU, мДж/м^2	0,45	0,5	0,63	0,63	0,82
НВ	180	203	196	195	140

Таблица 4 8.7 - Предел выносливости [8]

σ_{-1}, МПа	τ_{-1}, МПа	Состояние стали и термообработка
447	274	Сечение 100 мм. Закалка 850 °С, масло Отпуск 580 °С, $\sigma_в$ = 880 МПа
392	235	Сечение 400 мм Закалка 850 °С, масло Отпуск 610 °С, $\sigma_в$ = 790 МПа.
519 (n=10^6)		$\sigma_{0,2}$ = 880 МПа, $\sigma_в$ = 1080 МПа

Таблица 488 - Предел ползучести [8]

$\sigma_{пол.}$, МПа	Скорость ползучести, 5ч	Температура, °С
686	1/10 000	455
137	1/1 000	455
13	1/10 000	590
29	1/1000	590

Таблица 489 - Коррозионная стойкость [8]

Среда	Температура, °С	Глубина, мм/год
Вода	300	0,05 – 0,1

Таблица 4810 - Физические свойства [11]

Коэффициент линейного расширения		Модуль нормальной упругости		Плотность, г/см^3
t, °с	$\alpha \cdot 10^6$, 1/°С	t, °С	Е, ГПа	
20-100	11,6	20	215	7.85
20-200	12,1	100	211	
20-300	12,7	200	207	
20-400	13,2	300	190	
20-500	13,6	400	177	
20-600	13,9	500	173	

Таблица 4811 - Технологические свойства [8]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, °С	1220
Минимальная температура конца ковки, °С	800
Свариваемость	Для сварных конструкций не применяется
Флокеночувствительность	Чувствительна
Склонность к отпускной хрупкости	Не склонна
Обрабатываемость резанием	В горячекатаном состоянии при НВ 228-235 и $\sigma_в$ = 57 кгс/мм^2 Kvтв спл = 0,70; Kvб.ст. = 0,4

4.9 Сталь марки 38ХН3МФА

Таблица 4.9 1- Химический состав (по ГОСТ 4543-71)

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	V	Fe	P	S	Cu
								не более		
0,33-0,4	0,17-0,37	0,25-0.5	1,2-1,5	3,0-3,5	0,35-0,45	0,1-0,18	Осн	0,025	0,025	0,3

Таблица 4 9 2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твер-дость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс·м/см^2)	
			не менее					
Сортовой прокат Ø, □ до 250 мм, калиброванный, калиброванный и со специальной отделкой поверхности, полоса	ГОСТ 4543-71	Термообрабтанный	-	-	-	-	-	не более 269
		Закалка – 850 °С, масло, отпуск 600°С	На образцах					
			1180 (120)	1080 (110)	12	50	78 (8)	-
	ГОСТ 1051-73	В соответствии с заказом	По ГОСТ 4543-71					
Поковки до 800 мм	ГОСТ 8479-70 500-800 мм	Закалка с отпуском	785 (80)	640 (65)	10	30	39 (4)	248-293
	100-300 мм	Нормализация	835 (85)	685 (70)	12	38	49(5)	262-311
	300-500 мм				11	33	39(4)	
	500-800 мм	Закалка с отпуском	835 (85)	685 (70)	10	30	39 (4)	262-311
	100-300 мм	Нормализация	880 (90)	735 (75)	12	35	49 (5)	277-321
	500-800 мм	Закалка с отпуском	880 (90)	735 (75)	-	-	-	277-321
	До 100 мм	Нормализация	930 (95)	785 (80)	12	40	59 (6)	293-331
	100-300 мм	Закалка с отпуском	930 (95)	785 (80)	11	35	49(5)	293-331
	300-500				10	30	39(4)	

Примечание - Для АЭС сортовой прокат Ø, □ от 10 до 200 мм поставляется Челябинским металлургическим заводом по ТУ 14-1-5036-91 с определением механических свойств при +20 °С и + 350 °С, неметаллических включений, УЗК (по требованию) и подтверждением t к.о (не выше 40 °С).

Таблица 4.9 3 - Механические свойства для деталей арматуры (поСТ ЦКБА 026-2005)

Термообработка		Сечение, мм не более	Механические свойства при 20 °С					Твердость, HRC
Закалка, t, °С	Отпуск, t, °С		$\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс·м/см^2)	
			не менее					
840-860, масло или через воду в масло	550-570	30	1176-1274 (120-130)	1372 (140)	7	35	392 (4)	42,5-46,4
	570-580	100	1078-980 (100-110)	1176 (120)	7	35	490 (5)	39,6-43,5
	580-590	150	882-980 (90-100)	1078 (110)	10	35	490 (5)	34,8-42,5
	590-600	240	784-882 (80-90)	980 (100)	10	38	490 (5)	30,9-38,7
	600-620	350	686-784 (70-80)	882 (90)	10	40	588 (6)	28-33,8

Таблица 4 9 4 - Гарантированные механические свойства при высоких температурах [6]

Сортамент	Характеристика	Температура, °С							
		20	50	100	150	200	250	300	350
Заготовка Ø, толщиной до 200 мм КП 685	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	785 (80)	785 (80)	755 (77)	726 (74)	726 (74)	706 (72)	687 (70)	667 (68)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	685 (70)	685 (70)	657 (67)	638 (65)	628 (64)	608 (62)	589 (60)	540 (55)
	δ, %	12	12	12	12	12	12	12	12
	ψ, %	40	40	40	40	40	40	40	40
То же КП 785	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	883 (90)	883 (90)	844 (86)	824 (84)	814 (83)	785 (80)	785 (80)	746 (76)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	785 (80)	785 (80)	746 (76)	726 (74)	716 (73)	697 (71)	677 (69)	638 (65)
	δ, %	12	12	12	12	12	12	12	12
	ψ, %	40	40	40	40	40	40	40	40
То же КП 880 мм	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	981 (100)	981 (100)	942 (96)	912 (93)	903 (92)	883 (90)	863 (88)	834 (85)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	880 (90)	880 (90)	844 (86)	814 (83)	804 (82)	785 (80)	765 (78)	746 (75)
	δ, %	11	11	11	11	11	11	11	11
	ψ, %	35	35	35	35	35	35	35	35

Таблица 4 9 5 - Механические свойства поковок (по ОСТ 26-01-135-81)

Сортамент	Характеристика	Температура, °С								
		20	100	150	200	250	300	350	400	450
Поковки толщиной до 450 мм	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	784 (80)	736 (75)	721 (73,5)	706 (72)	706 (72)	697 (71)	687 (70)	667 (68)	608 (62)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	638 (65)	618 (63)	598 (61)	579 (59)	569 (58)	564 (57.5)	559 (57)	549 (56)	540 (55)

Таблица 4.9.6 - Механические свойства при повышенных температурах [8]

t, °С	$\sigma_{0,2}$ МПа	$\sigma_в$, МПа	δ_5, %	ψ, %
Образцы Закалка 850 °С, масло, отпуск 600 °С				
100	1130	1260		
200	1080	1210	13	53
300	1060	1180	13	54
400	980	1080	15	59
500	830	880	17	65

Таблица 4.9.7 - Предел выносливости [8]

σ_{-1}, МПа	n	Термообработка
412	$5 \cdot 10^6$	Закалка с отпуском, $\sigma_{0,2} = 1030$ МПа
500	$2 \cdot 10$	Закалка 870 °С, масло. 700-720 °С, $\sigma_в = 980$ МПа.

Таблица 4.9.8 - Жаропрочные свойства [8]

t, °С	$\sigma_{пол.}$, кгс/мм^2, для 1%		$\sigma_{д.п.}$, кгс/мм^2	
	10 000 ч	100 000 ч	10 000 ч	100 000 ч
450	-	20	35	26
500	16	10	19	13
550	5,4	1,9	12	7,5

Таблица 4.9.9 - Ударная вязкость при низких температурах

t, °С	40	20	0	-20	-60
KCU, кгс·м/см^2	6,8-7,2	6,0-6,5	5,7-6,11	4,4-5,4	3,0-4,8

Таблица 4.9.10 - Технологические свойства [8]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, °С	1180
Минимальная температура конца ковки, °С	780
Свариваемость	Для сварных конструкций не применяется
Флокеночувствительность	Повышенно чувствительна
Склонность к отпускной хрупкости	Не склонна
Плотность, г/см^3	7,83
Обрабатываемость резанием	

4.10 Сталь марки 20ЮЧ

Таблица 4 10 1- Химический состав (по ТУ 26-0303-1532-84) [77]

В процентах

C	Mn	Si	Al	Cs	P	S	Cr
					не более		
0,15-0,22	0,50-0,80	0,15-0,35	0,03-0,10	0,015-0,03	0,012	0,020	0,3

Таблица 4 10 2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм$^{2)}$	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс м/см^2)	
			не менее					
Поковки	ТУ 26-0303-1532-84	Нормализованные	412 (42)	235 (24)	22	-	0,4 МДж/м^2 (4) кгс м/см^2	190
Лист толщиной от 10 до 160 мм	ТУ 14-1-4853-90	Нормализованный или термоулучшенный	410 (42)	235 (24)	23	-	49 (5) KCV после механического старения при 20 °С 29 (3)	-
Сортовой прокат Ø до 180 мм	ТУ 14-1-3332-82	Горячекатанный	На образцах после нормализации					
			412 (42)	235 (24)	23	-	0,5 МДж/м^2 (5) кгс м/см^2	-
Трубы бесшовные горячекатанные 273- 426х8-30	ТУ 14-3Р-54-2001	Термообработанные	412	245-382	21	-	49	190
			Пороговое напряжение сероводородного коррозионного растрескивания - 147 МПа					

Таблица 4 10 3 – Механические свойства при высоких температурах [83]

Марка стали, обозначение документа	Состояние материала	Температура испытания, °С	$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм$^{2)}$	δ_5, %	ψ, %
			Не менее			
20ЮЧ ТУ 26-0303-1532	Термически обработанное	20	400	230	17	–
		200	365	200		
		300	345	190		
		350	335	185		
		400	325	170		
		420	320	165		

Т а б л и ц а 4 10 4 – Минимальные механические свойства (лист 10-25 мм) в зависимости от температуры [75]

Температура, ^{0}C	$\sigma_{0,2}$, кгс/мм^2	$\sigma_в$, кгс/мм^2	δ, %	ψ, %
20	24	42	30	65,5
100	24	37,5	30	65,5
150	23	36,5	27	64,5
200	22	36	26,7	63,5
300	17,9	38	25,5	59,5
400	14,0	34,5	34	75
450	13,5	29	39	82
500	12,5	24	40	82

Т а б л и ц а 4.10 5 – Физические свойства [75]

Коэффициент линейного расширения α 10^6 мм/мм град при температуре 20 ^{0}C		Модуль нормальной упругости Е кгс/мм^2 при температуре, ^{0}C	
20 – 200	12,0	20	21100
20 – 300	12,8	100	20800
20 – 400	13,2	200	20500
20 - 500	13,6	300	20000
		350	19500
		400	19100
		450	18600

5 Стали легированные повышенной прочности

5.1. Сталь 09Г2С (феррито-перлитного класса)

Таблица 5 1 1 - Химический состав (по ГОСТ 19281-89)

В процентах

C	Cr	Ni	Cu	P	S	As	N	Si	Mn	Fe
не более										
0,12	0,3	0,3	0,3	0,035	0,04	0,08	0,008	0,5-0,8	1,3-1,7	Осн

Таблица 5 1.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс м/см^2)	
			не менее					
Трубы бесшовные Ø от 25-850 мм	ГОСТ 8731-74	Без термообработки	Не определяются					
Трубы бесшовные Ø от 1,0-200 мм	ГОСТ 8733-74	Термообработанные	Не определяются					
Трубы бесшовные Ø от 159-325 мм	ТУ 14-3-500-75	Термообработанные	470 (48)	265 (27)	22		При –70 °С 39(4)	-
Лист 0,5-3,9 мм	ГОСТ 17066-94	Базовое исполнение						
		Горячекатаный	490	345	δ_4 19	-	-	-
		Холоднокатаный	460	345	δ_4 19	-	-	-
Лист 4-160 мм	ГОСТ 5520-79	В поставке				KCU при температуре		
						20	-40	-70	20*
		До 5 мм	345 (35)	490 (50)		-	-	-	
		5-10 мм	345 (35)	490 (50)	21	64 (6,5)	39 (4)	34 (3,5)	29,3*
		10-20 мм	325 (33)	470 (48)		59 (6)	34 (3,5)	29 (3)	
		20-32 мм	305 (31)	460 (47)		59 (6)	34 (3,5)	29 (3)	
		32-60 мм	285 (29)	450 (46)		59 (6)	34 (3,5)	29 (3)	
		60-80 мм	275 (28)	440 (45)		59 (6)	34 3,5)	29 (3)	
		80-160 мм	265 (27)	430 (44)		59 (6)	34 (3,5)	29 (3)	

Окончание таблицы 5 1 2

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм² (кгс/мм²)	$\sigma_т$, Н/мм² (кгс/мм²)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см² (кгс м/см²)	
			не менее					
Лист 4-160 мм	ГОСТ 5520-79	-	-	250 °С 225(23) 300 °С 196(20) 350 °С 176(18) 400 °С 157(16)	-			
Лист, полоса, прокат сортовой и фасонный	ГОСТ 19281-89	В поставке	Сортовой фасонный прокат					
		до 100 мм	430(44)	265(27)	21	-	-	-
		до 100 мм	430(44)	295(30)	21	-	-	-
		до 60 мм	450(46)	325(33)	21	-	-	-
		до 20 мм	480(49)	345(35)	21	-	-	-
			Лист и полоса					
		до 100 мм	430(44)	265(27)	21	-	-	-
		до 100 мм	430(44)	295(30)	21	-	-	-
		до 60 мм	450(46)	325(33)	21	-	-	-
		до 32 мм	490(50)	345(35)	21	-	-	-

*После механического старения

Т а б л и ц а 5 1 3 - Ударная вязкость в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Предел текучести от Ø или толщины	Ударная вязкость листа и широкополосного проката					
			KCU, Дж/см² (кгс м/см²) при t, °С			KCV, Дж/см² (кгс м/см²)		KCU, Дж/см² (кгс м/см²)
			20	-40	-70	0	-20	20*
Лист, полоса, прокат сортовой и фасонный	ГОСТ 19281-89	КП 265 До 5 мм	-	-	-	-	-	29(3)
		5-10 мм	79(8)	-	-	-	-	
		10-20 мм	69(7)	-	-	-	-	
		20-160 мм	59(6)	34(3,5)	29(3)	-	-	
		КП 295 До 5 мм	-	-	-	-	-	29(3)
		5-10 мм	-	34(3,5)	-	-	-	
		10-20 мм	-	29(3)	-	-	-	
		20-32 мм	59(6)	29(3)	24(2,5)	-	-	
		32-60 мм	59(6)	29(3)	24(2,5)	-	-	
		60-100 мм	59(6)	29(3)	24(2,5)	-	-	
		КП 325 До 5 мм	59(6)	39(4)	29(3)	-	-	29(3)
		5-10 мм	59(6)	39(4)	29(3)	-	-	
		10-20 мм	59(6)	34(3,5)	29(3)	-	-	
		20-32 мм	59(6)	29(3)	24(2,5)	-	-	
		32-60 мм	59(6)	29(3)	24(2,5)	-	-	
		КП 345 До 5 мм	64(6,5)	39(4)	34(3,5)	-	-	29(3)
		5-10 мм	64(6,5)	39(4)	34(3,5)	-	-	
		10-20 мм	-	29(3)	34(3,5)	40(4)	40(4)	
		20-32 мм	-	29(3)	34(3,5)	40(4)	40(4)	

Окончание таблицы 5 1 3

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Предел текучести от Ø или толщины	Ударная вязкость листа и широкополосного проката					
			KCU, Дж/см^2 (кгс·м/см^2) при t, ^{0}C			KCV,Дж/см^2 (кгс·м/см^2)		KCU, Дж/см^2 (кгс·м/см^2)
			20	-40	-70	0	-20	20*
Лист, полоса, прокат сортовой и фасонный	ГОСТ 19281-89	Ударная вязкость сортового, полосового и фасонного проката						
		КП 265 До 20 мм	98(10)	-	-	-	-	29(3)
		20-32 мм	-	29(3)	-	-	-	
		32-100 мм	59(6)	29(3)	29(3)	-	-	
		КП 295 До 10 мм	98(10)	39(4)	29(3)	-	-	29(3)
		10-20 мм	98(10)	29(3)	29(3)	-	-	
		20-32 мм	-	29(3)	-	-	-	
		32-60 мм	59(6)	29(3)	-	-	-	
		60-100 мм	59(6)	29(3)	-	-	-	
		КП 325 До 5 мм	64(6,5)	39(4)	34(3,5)	34(3,5)	34(3,5)	29(3)
		5-10 мм	64(6,5)	39(4)	34(3,5)	34(3.5)	34(3,5)	
		10-20 мм	64(6,5)	39(4)	34(3,5)	34(3,5)	34(3,5)	
		20-32 мм	59(6)	34(3.5)	-	-	-	
		32-60 мм	59(6)	34(3,5)	-	-	-	
		КП 345 До 5 мм	64(6,5)	39(4)	29(3)	40(4)	40(4)	29(3)
		5-10 мм	64(6,5)	39(4)	34(3,5)	40(4)	40(4)	
		10-20 мм	-	29(3)	-	-	-	
* После механического старения								

Т а б л и ц а 5 1 4 - Гарантированные механические свойства при высоких температурах [6]

Сортамент	Характеристика	Температура, ^{0}C									
		20	50	100	150	200	250	300	350	400	450
Прокат толщиной 4-160 мм	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	432 (44)	432 (44)	432 (44)	432 (44)	432 (44)	432 (44)	432 (44)	432 (44)	432 (44)	392 (44)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	245 (25)	235 (24)	235 (24)	226 (23)	216 (22)	216 (22)	196 (20)	177 (18)	157 (16)	157 (16)
	δ, %	21	20	20	18	16	16	16	16	16	16
	ψ, %	45	42	42	41	40	40	41	42	44	44

Т а б л и ц а 5 1.5 - Гарантированные значения пределов длительной прочности $\sigma_{д\,п.}$, МПа (кгс/мм^2) [6]

$\sigma_в$, $\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2) при 20 ^{0}C	t, ^{0}C	Время, ч									
		10	30	10^2	$3\cdot10^2$	10^3	$3\cdot10^3$	10^4	$3\cdot10^4$	10^5	$2\cdot10^5$
$\sigma_в \geq 432(44,1)$	400	279 (28,5)	263 (26,8)	243 (24,8)	232 (23,7)	212 (21,6)	192 (19,6)	170 (17,3)	149 (15,2)	128 (13,1)	116 (11,8)
$\sigma_т \geq 245(25)$	450	214 (21,8)	194 (19,8)	174 (17,8)	153 (15,6)	133 (13,6)	115 (11,7)	95,8 (9,8)	80,4 (8,2)	65 (6,63)	57 (5,82)

Таблица 5.1.6 - Средние значения условных пределов длительной прочности стали, $\sigma_{дп}$, МПа (кгс/мм^2) [6]

$\sigma_в$, $\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2) при 20 °С	t, °С	Время, ч									
		10	30	10^2	$3\ 10^2$	10^3	$3\cdot10^3$	10^4	$3\cdot10^4$	10^5	$2\ 10^5$
$\sigma_в \geq$ 432(44)	400	416 (42,4)	392 (40)	363 (37)	347 (35,4)	317 (32,3)	287 (29,3)	254 (26)	223 (22,8)	191 (19,5)	173 (17,7)
$\sigma_т \geq$ 245(25)	450	319 (32,6)	290 (29,6)	259 (26,4)	229 (23,4)	198 (20,2)	171 (17,4)	143 (14,6)	120 (12,2)	97 (9,9)	85 (8,7)
	500	219 (22,3)	192 (19,6)	164 (16,7)	139 (14,2)	116 (11,8)	96 (9,8)	77 (7,8)	62 (6,3)	48 (4,9)	48 (4,9)

Таблица 5.1.7 - Средние значения условных пределов длительной пластичности [6]

$\sigma_в$, $\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2) при 20 °С	t, °С	Характеристики	Время, ч									
			10	30	10^2	$3\ 10^2$	10^3	$3\ 10^3$	10^4	$3\ 10^4$	10^5	$2\ 10^5$
$\sigma_в \geq$ 432(44)	400	δ, %	29	32	34	36	37	38	37	36	31	32
		ψ, %	44	46	48	52	52	52	51	49	46	44
$\sigma_т \geq$ 245(25)	450	δ, %	54	51	48	46	43	40	37	34	30	28
		ψ, %	67	64	60	57	54	50	46	42	38	36
	500	δ, %	53	52	51	50	50	49	49	49	49	49
		ψ, %	62	62	59	56	53	50	47	43	39	37

Таблица 5.1.8 – Предел выносливости [8]

$\sigma_в$, МПа	σ_{-1}, МПа
475	235

Таблица 5.1.9 - Механические свойства поковок при повышенных температурах (по ОСТ 26-07-135-81)

Сортамент	Характеристика	Температура, °С									
		20	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Поковки * до 500 мм	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	451 (46)	441 (45)	437 (44,5)	432 (44)	413 (42)	383 (39)	378 (38,5)	373 (38)	-	-
	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	294 (30)	280 (28,5)	270 (27,5)	255 (26)	235 (24)	206 (21)	196 (20)	186 (19)	-	-

* Термообработка закалка 910-930 °С, масло, отпуск 640-660°С, масло или вода.
Механические свойства (не менее) $\sigma_{0,2}$ = 294 МПа, $\sigma_в$ = 451 МПа, δ_5 = 24%, ψ = 45%, KCU = 600 кДж/м^2, НВ 120-179

Таблица 5.1.10 - Технологические свойства [8]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, °С	1250
Минимальная температура конца ковки, °С	850
Свариваемость	Сваривается без ограничений
Флокеночувствительность	Не чувствительная
Склонность к отпускной хрупкости	Не склонна
Обрабатываемость резанием	Нормализация с отпуском $\sigma_в$ = 520 МПа Kv б ст = 1,0, Kv тв спл = 1,6

6 Стали теплоустойчивые

6.1 Сталь марки 12ХМ (феррито-перлитного класса)

Таблица 6.1.1 - Химический состав (по ГОСТ 5520-79)

В процентах

C	Ni	S	P	Si	Mn	Cr	Mo	Fe
не более								
0,16	0,3	0,025	0,025	0,17-0,37	0,4-0,7	0,8-1,1	0,4-0,55	Осн

Таблица 6.1.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С				Механические свойства при температуре	
			$\sigma_т$ Н/мм² (кгс/мм²)	$\sigma_в$ Н/мм² (кгс/мм²)	δ_5, %	ψ, %	$\sigma_т$ Н/мм² (кгс/мм²)	t, °С
			Не менее					
Лист толщиной до 5 мм	ГОСТ 5520-79	Термообработанные	245 (25)	430-550 (44-56)	22	-	265(27)*	200
							225(23)	250
							255(26)*	
от 5>> 50			245 (25)	430-550 (44-56)	22		216(22)	300
							245(25)	
>>51 >> 100			235 (24)	не менее 430(44)**	20		206(21)	350
							225(23)*	
							196(20)	400
							206(21)*	
				не менее 420(43)**	18		186(19)	450
							162(16,5)*	500

* Листы толщиной 20-130 мм поставляются также по ТУ 108-11-1263-84, а поковки – по ТУ 108 11 934-87
** По соглашению сторон.

Таблица 6.1.3 - Гарантированные механические свойства при высоких температурах [6]

Сортамент	Характеристика	Температура, °С										
		20	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Листы от 4 до 6 мм	$\sigma_в$ МПа (кгс/мм²)	441 (45)	432 (44)	432 (44)	432 (44)	432 (44)	432 (44)	432 (44)	402 (41)	373 (38)	333 (34)	294 (30)
	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм²)	235 (24)	235 (240)	235 (24)	235 (24)	226 (23)	226 (23)	226 (23)	206 (21)	196 (20)	186 (19)	177 (18)
	δ, %	22	21	21	19	18	16	14	14	14	14	14
	ψ, %	50	50	50	50	50	50	50	50	55	55	55
То же от 60 до 130 мм	$\sigma_в$ МПа (кгс/мм²)	441 (45)	432 (44)	432 (44)	432 (44)	432 (44)	432 (44)	432 (44)	402 (41)	373 (38)	333 (34)	294 (30)
	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм²)	235 (24)	235 (24)	235 (24)	235 (24)	226 (23)	226 (23)	216 (22)	206 (21)	196 (20)	147 (15)	177 (18)
	δ, %	18	17	17	15	15	13	11	11	11	11	11
	ψ %	32	33	33	31	29	29	28	28	31	31	31

Таблица 6.1.4 - Средние значения условных пределов длительной пластичности [6]

$\sigma_в$, $\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2) при 20 °С	t, °С	Характеристики, %	Время, ч									
			10	30	10^2	3 10^2	10^3	$3 \cdot 10^3$	10^4	3 10^4	10^5	2 10^5
$\sigma_в \geq 441(45)$	500	δ, %	34	34	34	34	24	18	16	18	26	26
		ψ, %	70	70	59	42	33	28	30	35	37	44
$\sigma_т \geq 235(24)$	550	δ, %	26	22	20	20	21	23	27	33	40	44
		ψ, %	59	46	34	30	29	31	36	40	46	50

Изохромные кривые ползучести стали 12ХМ приведены в «Правилах» [6]

Таблица 6.1.5 - Механические свойства (труба Ø 273 х 28 мм, 910 – 930 °С, воздух + отпуск 670-690 °С) при высоких температурах [11]

t, °С	$\sigma_в$, МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ_5,%	ψ, %	KCU, кДж/м^2
0	-	-	-	-	1760
20	455	284	31,5	66,5	1930
100	430	268	24,3	62,7	2000
200	458	254	20,3	62,0	1880
300	483	292	20,3	57,4	1600
400	458	257	23	62	1820
450	437	258	21,6	60,3	990
500	405	240	22	61,8	960
550	365	225	21,6	63,7	790
600	312	225	25,8	64,3	1450

Таблица 6.1.6 - Пределы длительной прочности и ползучести (пруток), МПа [11]

t, °С	$\sigma_{10\ 000}$	$\sigma_{100\ 000}$	$\sigma_{1/10^4}$	$\sigma_{1/10^5}$
450	340	270	240	200
480	255	200	225	155
510	165	120	170	120
540	110	73	122	82

Таблица 6.1.7 - Релаксационная стойкость при 450 °С (пруток, 910 –930 °С, воздух + 670 –690 °С) [11]

σ_o, МПа	Остаточное напряжение, МПа за время, ч				σ_o, МПа	Остаточное напряжение, МПа за время, ч			
	100	1 000	5 000*	10 000*		100	1 000	5 000*	10 000*
100	81	75	(71)	(67)	200	141	124	(118)	(111)
160	130	114	(110)	(104)	260	173	160	(145)	(130)

* В скобках значения, полученные экстраполяцией.

Таблица 6.1.8 - Технологические свойства

Свариваемость	Рекомендуется подогрев и необходима последующая термообработка

6.2 Сталь марки 15ХМ (феррито-перлитного класса)

Таблица 6.2.1 - Химический состав (по ГОСТ 4543-71)

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Mo	Fe	Ni	S	P	Cu
						не более			
0,11-0,18	0,17-0,37	0,4-0,7	0,8-1,1	0,4-0,55	Осн	0,3	0,035	0,035	0,3

Таблица 6.2.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ	
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$ Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5 %	ψ, %,	KCU, Дж/см^2 (кгс м/см^2)		
			не менее						
Сортовой прокат диаметром или толщиной до 250 мм, калиброванный и со специальной отделкой поверхности	ГОСТ 4543-71	Отжиг	-	-	-	-	-	не более 179	
			На образцах (30 мм)						
		Закалка 880 °С воздух, 650 °С	275(28)	440)45	21	55	118(12)		
		Нагартованный	-	-	-	-	-	не более 269	
		Отожженный и нагартованный калиброванный и со специальной отделкой поверхности	-	-	-	-	-	Твердость по соглашению сторон	
Трубы бесшовные Ø от 25 до 550 мм	ГОСТ 8731-74	Поставка (без термообработки)	431(44)	225(23)	21	-	-	-	
Трубы бесшовные Ø от 4 до 200 мм	ГОСТ 8733-74	Поставка термообработанные	431(44)	226(23)	21	-	-	-	
Трубы Ø от 10 до 465 мм	ТУ 14-3-460-74	Нормализация 930-960 °С, отпуск 680-730 °С	Продольные образцы					t °С	$\sigma_{0,2}$
			(24)	(45)	21	50	59(6)	250	(23)
			Поперечные образцы					400	(20)
			(23)	(45-65)	20	45	49(5)	450	(19,5)
Поковки до 800 мм	ГОСТ 8479-70 До 100 мм	Нормализация с отпуском	195(20)	390(40)	26	55	59(6)	111-156	
	100-300 мм				26	50	54(5,5)		
	До 100 мм		215(22)	430(44)	24	53	54(5,5)	123-167	
	100-300 мм				20	48	49(5,0)		
	До 100 мм		275(28)	530(54)	20	40	44(4,5)	156-197	
	100-300мм				17	38	34(3,5)		
	300-500 мм				15	32	29(3,0)		
	До 100 мм		315(32)	570(58)	17	38	39(4,0)	167-207	
	До 100 мм		345(35)	590(60)	18	45	59(6)	174-217	
Поковки до 800 мм	100-300 мм	Закалка с отпуском	345(35)	590(60)	17	40	54(5,5)	174-217	
	До 100		395(40)	615(63)	17	45	59(6)	187-229	
			440(45)	635(65)	16	45	59(6)	197-235	
			490(50)	655(67)	16	45	59(6)	212-248	

Таблица 6.2.3 - Гарантированные механические свойства при высоких температурах [6]

Сортамент	Характеристика	Температура, °С										
		20	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Трубы бесшовные Ø 10-465 мм, толщина стенки 2-32 мм	$\sigma_в$ МПа (кгс/мм^2)	441 (45)	441 (45)	431 (44)	431 (44)	421 (43)	421 (43)	412 (42)	392 (38)	372 (35)	343 (35)	294 (30)
	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	226 (23)	226 (23)	226 (23)	226 (23)	226 (23)	226 (23)	216 (22)	206 (21)	196 (20)	191 (19,5)	186 (19)
	δ, %	20	20	20	20	20	19	19	18	18	17	16
	ψ, %	45	45	45	45	45	45	45	45	45	50	50
Поковки Ø или толщиной от 100 до 300 мм КП 195	$\sigma_в$ МПа (кгс/мм^2)	390 (40)	390 (40)	390 (40)	383 (39)	383 (39)	373 (38)	363 (37)	367 (37)	367 (37)	353 (36)	314 (32)
	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	195 (20)	195 (20)	195 (20)	195 (20)	195 (20)	195 (20)	186 (19)	177 (18)	167 (17)	137 (14)	127 (13)
	δ, %	23	23	23	23	23	22	22	21	21	20	18
	ψ, %	50	50	50	50	50	50	50	50	50	55	55
То же от 100 до 300 мм КП 215	$\sigma_в$ МПа (кгс/мм^2)	430 (44)	430 (44)	430 (44)	422 (43)	422 (43)	412 (42)	402 (41)	402 (41)	402 (41)	392 (40)	343 (35)
	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	215 (22)	215 (22)	215 (22)	215 (22)	215 (22)	215 (22)	206 (21)	196 (20)	186 (19)	147 (15)	147 (15)
	δ, %	20	20	20	20	20	19	19	18	18	17	16
	ψ, %	48	48	48	48	48	48	48	48	48	53	53
То же до 300 мм КП 245	$\sigma_в$ МПа (кгс/мм^2)	470 (48)	470 (48)	470 (48)	461 (47)	461 (47)	451 (46)	441 (45)	441 (45)	441 (45)	432 (44)	373 (38)
	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	245 (25)	245 (25)	245 (25)	245 (25)	245 (25)	245 (25)	235 (24)	226 (23)	216 (22)	167 (17)	167 (17)
	δ, %	19	29	19	19	19	18	18	17	17	16	15
	ψ, %	42	42	42	42	42	42	42	42	42	46	46
То же до 500 мм КП 275	$\sigma_в$ МПа (кгс/мм^2)	530 (54)	530 (54)	530 (54)	520 (53)	520 (53)	510 (52)	500 (51)	500 (51)	500 (51)	491 (50)	422 (43)
	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	275 (28)	275 (28)	275 (28)	275 (28)	275 (28)	275 (28)	265 (27)	255 (26)	235 (24)	196 (20)	196 (20)
	δ, %	15	15	15	15	15	14	14	13	13	13	12
	ψ, %	32	32	32	32	32	32	32	32	32	35	35
То же до 100 мм КП 315	$\sigma_в$ МПа (кгс/мм^2)	570 (58)	569 (58)	569 (58)	559 (57)	559 (57)	540 (55)	530 (54)	530 (54)	530 (54)	510 (52)	451 (46)
	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	314 (32)	314 (32)	314 (32)	314 (32)	314 (32)	314 (32)	304 (31)	284 (29)	275 (28)	216 (22)	216 (22)
	δ, %	15	15	15	15	15	14	14	13	13	13	12
	ψ, %	32	32	32	32	32	32	32	32	32	35	35
То же до 300 мм КП 345	$\sigma_в$ МПа (кгс/мм^2)	590 (60)	589 (60)	589 (60)	579 (59)	579 (59)	559 (57)	549 (56)	549 (56)	549 (56)	530 (54)	461 (47)
	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	343 (35)	343 (35)	343 (35)	343 (35)	343 (35)	343 (35)	323 (33)	314 (32)	294 (30)	235 (24)	235 (24)
	δ, %	15	15	15	15	15	14	14	13	13	13	12
	ψ, %	32	32	32	32	32	32	32	32	32	35	35
То же до 100 мм КП 395	$\sigma_в$ МПа (кгс/мм^2)	615 (63)	615 (63)	615 (63)	608 (62)	608 (62)	589 (60)	579 (59)	579 (59)	579 (59)	559 (57)	481 (49)
	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	395 (40)	395 (40)	395 (40)	395 (40)	395 (40)	395 (40)	373 (38)	353 (36)	343 (35)	275 (28)	275 (28)
	δ, %	15	15	15	15	15	14	14	13	13	13	12
	ψ, %	32	32	32	32	32	32	32	32	32	35	35

Окончание таблицы 6 2 3

Сортамент	Характеристика	Температура, °С										
		20	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
То же до 100 мм КП 440	$\sigma_в$ МПа (кгс/мм^2)	635 (65)	635 (65)	635 (65)	628 (64)	628 (64)	608 (64)	598 (61)	598 (61)	598 (61)	579 (59)	491 (50)
	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	440 (45)	440 (45)	440 (45)	440 (45)	440 (45)	440 (45)	422 (43)	402 (41)	383 (39)	304 (31)	304 (31)
	δ, %	15	15	15	15	15	14	14	13	13	13	12
	ψ, %	32	32	32	32	32	32	32	32	32	35	35
То же до 100 мм КП 490	$\sigma_в$ МПа (кгс/мм^2)	655 (67)	655 (67)	655 (67)	647 (66)	647 (66)	628 (64)	618 (63)	618 (63)	618 (63)	598 (61)	491 (50)
	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	490 (50)	490 (50)	490 (50)	490 (50)	490 (50)	490 (50)	471 (48)	451 (46)	422 (43)	343 (35)	343 (35)
	δ, %	15	15	15	15	15	14	14	13	13	13	12
	ψ, %	32	32	32	32	32	32	32	32	32	35	35

Т а б л и ц а 6 2 4 - Гарантированные значения пределов длительной прочности $\sigma_{дп}$, МПа (кгс/мм^2) [6]

$\sigma_в$, $\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2) при 20 °С	t, °С	Время, ч									
		10	30	10^2	3 10^2	10^3	3 10^3	10^4	3 10^4	10^5	2 10^5
$\sigma_в \geq 441(45)$ $\sigma_т \geq 235(24)$	500	330 (33,6)	322 (32,8)	298 (30,4)	278 (28,4)	251 (25,6)	208 (21,2)	174 (17,7)	146 (15,0)	114 (11,6)	96 (9,8)

Т а б л и ц а 6 2 5 - Средние значения условных пределов длительной прочности $\sigma_{д.п.}$, МПа (кгс/мм^2) [6]

$\sigma_в$, $\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2) при 20 °С	t, °С	Время, ч									
		10	30	10^2	3 10^2	10^3	3 10^3	10^4	3 10^4	10^5	2 10^5
$\sigma_в \geq 441(45)$ $\sigma_т \geq 235(24)$	500	412 (42)	402 (41)	372 (38)	348 (35,5)	314 (32)	260 (26,5)	217 (22,1)	183 (18,7)	142 (14,5)	120 (12,2)

Таблица 6.2.6 - Средние значения условных пределов длительной пластичности [6]

$\sigma_в$ $\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2) при 20 °С	t, °С	Характеристики, %	Время, ч									
			10	30	10^2	3 10^2	10^3	3 10^3	10^4	3 10^4	10^5	2 10^5
$\sigma_в \geq 441(45)$	450	δ %	30	30	30	30	30	30	29	26	22	20
$\sigma_т \geq 235(24)$		ψ, %	70	70	70	70	70	70	65	51	40	34
Примечание - Изохромные кривые ползучести стали 15ХМ приведены в «Правилах» [6]												

Таблица 6.2.7 - Механические свойства при испытании на длительную прочность [8]

σ пол, МПа	Скорость ползучести	t, °С	σ дп, МПа	Время, ч	t, °С
78	1/10 000	500	186	10 000	475
132	1/1000	525	152	10 000	500
54	1/10 000	525	108	10 000	525
44	1/10 000	550	74	10 000	550
167	1/1000	475			
88-98	1/10 000	475			

Таблица 6.2.8 - Релаксационная стойкость при 450 °С (пруток, 900-920 °С, воздух + 630-650 °С) [11]

σ_o, МПа	Остаточное напряжение*, МПа за время, ч				σ_o, МПа	Остаточное напряжение*, МПа за время, ч			
	100	1 000	5 000	10 000		100	1 000	5 000	10 000
100	81	78	(58)	(42)	200	148	135	(108)	(83)
160	132	122	(100)	(76)	260	180	163	(133)	(95)
* В скобках значения, полученные экстраполяцией									

Таблица 6.2.9 - Предел выносливости [11]

Число циклов n	σ_{-1}, МПа
10^7	290

Таблица 6.2.10 - Технологические свойства [8]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, °С	1260
Минимальная температура конца ковки, °С	750
Свариваемость	Сваривается без ограничений Рекомендуется подогрев и последующая термообработка
Флокеночувствительность	Чувствительная
Склонность к отпускной хрупкости	Не склонна
Обрабатываемость резанием	В нормализованном и отпущенном состоянии при НВ 138 и $\sigma_в$ = 460 МПа, Kvтв спл = 1,6 Kvб ст = 1,4,
Плотность, г/см^3	7,85

6.3 Сталь марки 12Х1МФ (ЭИ 575) (перлитного класса)

Таблица 6.3.1 - Химический состав (по ГОСТ 20072-74)

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Mo	V	Fe	Ni	S	P
							не более		
0,08-0,15	0,17-0,37	0,4-0,7	0,9-1,2	0,25-0,35	0,15-0,30	Осн	0,3	0,025	0,03

Таблица 6.3.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
			$\sigma_в$ Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$ Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс м/см^2)	
			не менее					
Сортовой прокат Ø, ⌶ до 200 мм, калиброванный	ГОСТ 20072-74	Нормализация 960-980°С, отпуск 700-750 °С	470 (48)	255 (26)	21	55	98 (10)	Не более 217
калиброванный со специальной отделкой поверхности, шестигранник, полоса		Калиброванная и нагартованная и термообработанная	-	-	-	-	-	Твердость по соглашению сторон
Лист толщиной до 5 мм	ГОСТ 5520-79	Термообработанные	440-590 (45-60)	295 (30)	21	-	-	-
от 5 >>40 мм			440-590 (45-60)	295 (30)	21		79 (8)	
Сортовой прокат Ø от 250 до 300 мм	ТУ 14-1-1379	Термообработанный	По ГОСТ 20072-74 (на образцах)					
Поковки (12Х1МФ-ВД)	ТУ 108-11-338	Термообработанные	440 (45)	294 (30)	20	60	117 (12)	-
			При 450 °С					
			353 (36)	196 (20)	16	60	-	-
Поковки до 800 мм	ГОСТ 8479-70 до 100 мм	Нормализация	215(22)	430(44)	24	53	54(5,5)	123-167
	100-300 мм				20	48	49(5)	
	300-500 мм				18	40	44(4,5)	
	500-800 мм				18	35	39(4)	
	100-300 мм		245(25)	470(48)	19	42	39(4)	143-179
	300-500 мм				17	35	34(3,5)	

Таблица 6.3.3 - Гарантированные механические свойства при высоких температурах [6]

Сортамент	Характеристика	Температура, °С										
		20	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Прокат толщиной или Ø до 90 мм	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	471 (48)	461 (47)	461 (47)	451 (46)	451 (46)	441 (45)	441 (45)	432 (44)	422 (43)	392 (40)	392 (40)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	255 (26)	255 (26)	255 (26)	255 (26)	255 (26)	245 (25)	235 (24)	226 (23)	206 (21)	206 (21)	177 (18)
	δ, %	21	20	19	18	17	16	15	15	14	14	14
	ψ, %	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
То же, более 90 до 150 мм	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	471 (48)	461 (47)	461 (47)	451 (46)	451 (46)	441 (45)	441 (45)	432 (44)	422 (43)	392 (40)	392 (40)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	255 (26)	255 (26)	255 (26)	255 (26)	255 (26)	245 (25)	235 (24)	226 (23)	206 (21)	206 (21)	177 (18)
	δ, %	19	18	17	16	15	14	14	14	13	13	13
	ψ, %	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
То же, более 150 до 200 мм	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	471 (48)	461 (47)	461 (47)	451 (46)	451 (46)	441 (45)	441 (45)	432 (44)	422 (43)	392 (40)	392 (40)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	255 (26)	255 (26)	255 (26)	255 (26)	255 (26)	245 (25)	235 (24)	226 (23)	206 (21)	206 (21)	177 (18)
	δ, %	18	17	16	15	15	14	13	13	12	12	12
	ψ, %	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Поковки толщиной от 100 до 300 мм КП 195	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	390 (40)	383 (39)	383 (39)	373 (38)	373 (38)	363 (37)	363 (37)	353 (36)	353 (36)	323 (33)	323 (33)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	195 (20)	195 (20)	195 (20)	195 (20)	195 (20)	186 (19)	177 (18)	177 (18)	157 (16)	157 (16)	137 (14)
	δ, %	23	22	22	21	21	18	18	17	17	17	17
	ψ, %	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
То же, до 800 мм КП 215	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	430 (44)	422 (43)	422 (43)	412 (42)	412 (42)	402 (41)	402 (41)	392 (40)	392 (40)	353 (36)	353 (36)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	215 (22)	215 (22)	215 (22)	215 (22)	215 (22)	206 (21)	196 (20)	196 (20)	177 (18)	177 (18)	147 (15)
	δ, %	16	15	15	15	15	12	12	12	12	12	12
	ψ, %	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
То же, от 100 до 500 мм КП 245	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	470 (48)	461 (47)	461 (47)	451 (46)	451 (46)	441 (45)	441 (45)	432 (44)	422 (43)	392 (40)	392 (40)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	245 (25)	245 (25)	245 (25)	245 (25)	245 (25)	235 (24)	216 (22)	216 (22)	196 (20)	196 (20)	167 (17)
	δ, %	16	15	15	15	15	12	12	12	12	12	12
	ψ, %	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Трубы Ø 57-465 мм с толщиной стенки 3,5-60 мм, Ø 10-108 мм с толщиной стенки 2-13 мм	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	441 (45)	432 (44)	432 (44)	422 (43)	422 (43)	412 (42)	412 (42)	392 (40)	372 (38)	343 (35)	294 (30)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	275 (28)	275 (28)	275 (28)	275 (28)	275 (28)	265 (27)	255 (26)	245 (25)	216 (22)	214 (21)	186 (19)
	δ, %	19	18	18	18	18	18	18	18	18	18	19
	ψ, %	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50

Таблица 6.3.4 - Гарантированные значения пределов длительной прочности σ д п , МПа (кгс/мм^2) [6]

$\sigma_в$, $\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2) при 20 °С	t, °С	Время, ч									
		10	30	10^2	$3 \cdot 10^2$	10^3	$3 \cdot 10^3$	10^4	$3 \cdot 10^4$	10^5	$2 \cdot 10^5$
$\sigma_т$ > 274(28) $\sigma_в$ > 441(45)	450	258 (26,3)	250 (25,6)	236 (24,1)	221 (22,6)	211 (21,5)	196 (20,0)	179 (18,3)	166 (16,9)	143 (14,6)	136 (13,9)
	500	258 (26,3)	250 (25,6)	236 (24,1)	222 (22,6)	204 (20,8)	190 (19,3)	158 (16,1)	136 (13,9)	107 (11,0)	100 (10,2)

Таблица 6.3.5 - Средние значения условных пределов длительной прочности σ д п , МПа (кгс/мм^2)[6]

$\sigma_в$, $\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2) при 20 °С	t, °С	Время, ч									
		10	30	10^2	$3 \cdot 10^2$	10^3	$3 \cdot 10^3$	10^4	$3 \cdot 10^4$	10^5	$2 \cdot 10^5$
$\sigma_т$ > 274(28) $\sigma_в$ > 441(45)	450	353 (36)	343 (35)	323 (33)	303 (31,0)	289 (29,5)	268 (27,5)	245 (25)	227 (23,5)	196 (90)	186 (19)
	500	353 (36)	343 (35)	323 (33)	304 (31)	279 (28,5)	260 (26,5)	216 (22)	186 (19)	147 (15)	137 (14)

Таблица 6.3.6 - Средние значения условных пределов длительной пластичности [6]

$\sigma_в$, $\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2) при 20 °С	t, °С	Характеристики, %	Время, ч									
			10	30	10^2	$3 \cdot 10^2$	10^3	$3 \cdot 10^3$	10^4	$3 \cdot 10^4$	10^5	$2 \cdot 10^5$
$\sigma_т \geq$ 274(28)	500	δ, %	30	30	30	30	30	29	25	20	14	11
$\sigma_в$ > 441(45)		ψ, %	80	80	80	80	80	72	60	50	40	33

Таблица 6.3.7 - Механические свойства при повышенных температурах (по ТУ 14-3-460-76). Трубы (нормализация 950-980 °С + 720-750 °С)

Температура, °С	250	300	350	400	450	500	540	570
	не менее							
$\sigma_{0,2}$, кгс/мм^2 не менее	-	-	-	22	21	17	11	8

Таблица 6.3.8 - Механические свойства при повышенных температурах (по ГОСТ 5520-79) Листы (термообработанные)

Температура, °С	200	250	300	350	400	450	500	550
	не менее							
$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	-	245 (25)	235 (24)	225 (23)	216 (22)	206 (21)	-	-
	274 (28)*	265 (27)*	255 (26)*	245 (25)*	225 (23)*	-	176 (18)*	-
* Применяется в договорно-правовых отношениях								

Таблица 6.3.9 - Предел длительной прочности σ д.п., Н/мм ^{2} (кгс/мм^2) при высоких температурах (по ГОСТ 5520-79)

t, ^{0}C	10 000 ч	100 000 ч	200 000 ч	t, ^{0}C	10 000 ч	100 000 ч	200 000 ч
500	210(21,4)	186(19,0)	145(14,8)	560	110(11,2)	98(10,0)	75(7,6)
510	180(18,4)	170(17,4)	130(13,3)	570	100(10,2)	88(9,0)	70(7,2)
520	170(17,4)	157(16,0)	115(11,7)	580	90(9,2)	78(8,0)	60(6,1)
530	150(15,3)	141(14,4)	105(10,7)	590	80(8,2)	68(6,9)	55(5,6)
540	135(13,6)	126(12,9)	95(9,7)	600	70(7,2)	59(6,0)	50(5,1)
550	120(12,3)	113(11,5)	85(8,7)	610	65(6,6)	50(5,1)	-

Таблица 6.3.10 - Механические свойства при испытании на длительную прочность и ползучесть (ГОСТ 20072-74)

σ пол., Н/мм^2 (кгс/мм^2)	Скорость ползучести	t, ^{0}C	σ д.п., Н/мм^2 (кгс/мм^2)	Время, ч	t, ^{0}C
177(18,0)	1/10 000	520	196(20)	10 000	520
127(13,0)	1/100 000	520	157(16)	100 000	520
116(11,8)	1/10 000	560	137(14)	10 000	560
82(8,4)	1/100 000	560	106(10,8)	100 000	560
88(9,0)	1/10 000	580	118(12)	10 000	580
61(6,2)	1/100 000	580	88-98(9-10)	100 000	580

Таблица 6.3.11 - Релаксационная стойкость [18]

t, ^{0}C		450	450	500	500	550	550
σ_0, кгс/мм^2		30	25	30	20	30	15
σ, кгс/мм^2	10^3, ч	20,2	16,9	18,0	12,5	15,1	8,0
	10^4, ч*	18,4	15,1	14,0	10,6	8,7	4,5
* Значения получены экстраполяцией							

Таблица 6.3.12 - Чувствительность к охрупчиванию при старении [18]

Время, ч	t, ^{0}C	KCU, кгс·м/см^2
Исходное состояние		18
3000	600	24
5000	625	25

Таблица 6.3.13 – Технологические свойства [8]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, ^{0}C	1240
Минимальная температура конца ковки, ^{0}C	780
Свариваемость	Ограниченно сваривается Рекомендуется подогрев и последующая термообработка.
Обрабатываемость резанием	Нормализация с отпуском, твердость >138 НВ и $\sigma_в$ = 460 МПа, Kvтв спл = 1,5, Kvб ст = 1,35;
Плотность, г/см^3	7,8

6.4 Сталь марки 25Х1МФ (ЭИ 10) (перлитного класса)

Таблица 6.4.1 - Химический состав (по ГОСТ 20072-74)

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Mo	Fe	V	Ni	S	P
							не более		
0,22-0,29	0,17-0,37	0,4-0,7	1,5-1,8	0,25-0,35	Осн	0,15-0,3	0,3	0,025	0,030

Таблица 6.4.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$ Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс·м/см^2)	
			не менее					
Сортовой прокат Ø, □ до 250 мм, калиброванный, калиброванный со специальной отделкой поверхности, шестигранник, полоса	ГОСТ 20072-74	I вариант Закалка 880-900°С, масло 640-660 °С	880 (90)	735 (75)	14	50	59 (6)	не более 229
		I I вариант Закалка 930-950°С, масло 620-660 °С	780 (80)	665 (68)	16	50	59 (6)	не более 229
		Калиброванная термообработанная	-	-	-	-	-	не более 255
Калиброванный прокат	ГОСТ 1051-73	В соответствии с заказом	По ГОСТ 20072-74					
Сортовой прокат Ø от 12 до 180 мм	ТУ14-1-552-72	Отжиг	-	-	-	-	-	не более 229
		Закалка 930-950°С, масло 620-660 °С	На образцах					
			780 (80)	665 (68)	16	50	59 (6)	-
Поковки до 800 мм	ГОСТ 8479-70	Закалка с отпуском (сечением до 100 мм)	655 (67)	490 (50)	16	45	59 (6)	212-248
			735 (75)	590 (60)	14	45	59 (6)	235-277

Таблица 6.4.3 - Гарантированные механические свойства при высоких температурах [6]

Сортамент	Характеристика	Температура, °С										
		20	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Сортовой и калиброванный прокат Ø, □ до 90 мм	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	883 (90)	873 (89)	834 (85)	814 (83)	804 (82)	775 (79)	765 (78)	726 (74)	716 (73)	681 (70)	628 (64)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	736 (75)	706 (72)	697 (71)	657 (67)	647 (66)	618 (63)	608 (62)	569 (58)	559 (57)	540 (55)	530 (54)
	δ, %	14	13	12	12	12	12	13	13	13	13	13
	ψ, %	50	51	52	53	54	55	55	55	55	55	55

Окончание таблицы 6.4.3

Сортамент	Характеристика	Температура, °С										
		20	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
То же, более 90 до 150 мм	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	883 (90)	873 (89)	834 (85)	814 (82)	804 (82)	775 (79)	765 (78)	726 (74)	716 (73)	681 (70)	628 (64)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	736 (75)	706 (72)	697 (71)	657 (67)	647 (66)	618 (63)	608 (62)	569 (58)	559 (57)	540 (55)	530 (54)
	δ, %	12	11	10	10	10	10	11	11	11	11	11
	ψ, %	45	46	47	48	49	49	49	49	49	49	49
То же, более 150 до 200 мм	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	883 (90)	873 (89)	834 (85)	814 (82)	804 (82)	775 (79)	765 (78)	726 (74)	716 (73)	681 (70)	628 (64)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	736 (75)	706 (72)	697 (71)	657 (67)	647 (66)	618 (63)	608 (62)	569 (58)	559 (57)	540 (55)	530 (54)
	δ, %	11	10	9	9	9	9	10	10	10	10	10
	ψ, %	40	41	42	43	44	44	44	44	44	44	44
Заготовки для крепежа Ø до 200 мм КП 490	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	589 (60)	579 (59)	549 (56)	540 (55)	540 (55)	510 (52)	510 (52)	481 (49)	471 (48)	461 (47)	412 (42)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	490 (50)	471 (48)	461 (47)	432 (44)	432 (44)	412 (42)	402 (41)	343 (35)	343 (35)	323 (33)	323 (33)
	δ, %	14	13	11	11	11	11	13	13	13	13	13
	ψ, %	50	51	52	53	54	55	55	55	55	55	55
То же, КП 590	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	736 (75)	716 (73)	687 (70)	667 (68)	667 (68)	628 (64)	628 (64)	598 (61)	589 (60)	569 (58)	510 (52)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	590 (60)	559 (57)	549 (56)	520 (53)	510 (52)	491 (50)	481 (49)	451 (46)	441 (45)	432 (44)	422 (43)
	δ, %	12	11	10	10	10	10	11	11	11	11	11
	ψ, %	50	51	52	53	54	55	55	55	55	55	55
То же, КП 640	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	785 (80)	775 (79)	736 (75)	716 (73)	706 (72)	687 (70)	687 (70)	638 (65)	628 (64)	608 (62)	549 (56)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	640 (65)	608 (62)	598 (61)	569 (58)	559 (57)	540 (55)	530 (54)	491 (50)	481 (49)	471 (48)	461 (47)
	δ, %	12	11	10	10	10	10	11	11	11	11	11
	ψ, %	50	51	52	53	54	55	55	55	55	55	55
То же, КП 670	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	785 (80)	775 (79)	775 (79)	765 (78)	765 (78)	755 (77)	725 (74)	695 (71)	645 (66)	589 (60)	529 (54)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	670 (68)	638 (65)	638 (65)	628 (63)	608 (62)	589 (60)	559 (57)	520 (53)	490 (50)	452 (46)	402 (41)
	δ, %	16	15	14	14	14	14	14	16	16	17	17
	ψ, %	50	51	50	50	50	50	50	50	55	55	60

Таблица 6.4.4 - Гарантированные значения пределов длительной прочности $\sigma_{д.п}$, МПа (кгс/мм^2) [6]

$\sigma_в$, $\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2) при 20 °С	t, °С	Время, ч									
		10	30	10^2	$3 \cdot 10^2$	10^3	$3 \cdot 10^3$	10^4	$3 \cdot 10^4$	10^5	$2 \cdot 10^5$
$\sigma_в > 736(75)$ $\sigma_{0,2} > 590(60)$	500	440 (44,8)	412 (42)	354 (36,1)	294 (30)	244 (24,8)	211 (21,5)	191 (19,5)	159 (16,2)	125 (12,8)	- -

Таблица 6.4.5 - Средние значения условных пределов длительной прочности σ д.п., МПа (кгс/мм^2) [6]

$\sigma_{в}$, $\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2) при 20 °С	t, °С	Время, ч									
		10	30	10^2	3 10^2	10^3	3 $\cdot 10^3$	10^4	3 10^4	10^5	2 $\cdot 10^5$
$\sigma_{в}$ > 736(75) $\sigma_{0,2}$ >589(60)	500	587 (59,8)	549 (56,1)	472 (48,1)	392 (40)	325 (33,2)	281 (28,7)	255 (26)	212 (21.6)	167 (17)	- -

Таблица 6.4.6 - Механические свойства при испытании на длительную прочность и ползучесть (ГОСТ 20072-74)

σ пол., МПа	Скорость ползучести	t, °С	σ д п.. МПа	Время, ч	t, °С
78 (8.0)	1/100 000	500	255-284(26-29)	10 000	500
88 (9,0)	1/10 000	550	167(17)*	100 000	500
29 (3,0)	1/100 000	550	88-98(9,0-10,0)	100 000	50-0
			98-147(10-15)	10 000	500
* По ГОСТ 20700-75.					

Таблица 6.4.7 – Предел выносливости (закалка 940 °С, масло + отпуск 640 °С) [8]

Механические свойства, МПа		Число циклов, n	σ_{-1}, МПа
$\sigma_{0,2}$	790-1000	$5 \cdot 10^6$	372-470
$\sigma_{в}$	880-1050		

Таблица 6.4.8 - Релаксационная стойкость (по ГОСТ 20700-75)

НВ	t, °С	σ_0, кгс/мм^2	Остаточное напряжение, кгс/мм^2, за время, ч								
			100	500	1 000	2 000	3 000	4 000	5 000	8 000	10 000
293	500	15	9,5	8,3	7,8	7,2	6,9	-	5,7	-	3,8
		25	14,8	12,8	12,0	11,0	10,4	-	9,3	-	7,2
		35	19,7	17,1	16,0	15,1	14,0	-	12.5	-	9,4
	525	20	-	8,0	-	5,0	-	-	-	-	-

Таблица 6.4.9 - Технологические свойства [8]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, °С	1180
Минимальная температура конца ковки, °С	850
Свариваемость	Не применяется для сварных конструкций
Флокеночувствительность	Чувствительна
Склонность к отпускной хрупкости	Не склонна
Обрабатываемость резанием	Нормализация с отпуском, твердость НВ ≤ 300 Kvтв спл = 0,7 , Kvб ст = 0,25,

6.5 Сталь марки 18Х3МВ (ЭИ 578) (перлитного класса)

Таблица 6.5.1- Химический состав (по ГОСТ 20072-74)

В процентах

C	Si	Mn	Cr	W	Mo	V	Fe	Ni	S	P
								не более		
0,15-0,2	0,17-0,37	0,25-0,5	2,5-3,0	0,5-0,8	0,5-0,7	0,05-0,15	Осн	0,3	0,025	0,03

Таблица 6.5.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс·м/см^2)	
			не менее					
Сортовой прокат Ø, T_1 до 200 мм, калиброванный со специальной отделкой поверхности, калиброванный шестигранник, полоса	ГОСТ 20072-74	Закалка 950–970 °С, масло, 600-680 °С	640 (65)	440 (45)	18	-	118 (12)	-
		Калиброванная нагартованная и термообработанная	По соглашению сторон					

Таблица 6.5.3 - Механические свойства (поСТ ЦКБА 026-2005)

Диаметр (толщина) заготовок, мм	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
	$\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, кДж/м^2 (кгсм/см^2)	
	не менее					
100	441 (45)	588 (60)	15	45	588 (6)	197-235
350 *	441 (45)	589 (60)	16	-	600 (6)	197-241
* По ОСТ 26-01-135-81 (950-970 °С, масло, отпуск 660-690)						

Таблица 6.5.4 - Механические свойства при повышенных температурах [41] (поковки до 350 включ.)

Характеристика	Температура, °С									
	20	100	150	200	250	300	350	400	450	500
$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	441 (45)	427 (43,5)	417 (42,5)	392 (40,0)	383 (39,0)	373 (38,0)	363 (37,0)	343 (35,0)	304 (31,0)	275 (28,0)
$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	589 (60)	564 (57,5)	549 (56,0)	540 (55,0)	525 (53,5)	515 (53,5)	500 (51,0)	490 (50,0)	461 (47,0)	402 (41,0)

Таблица 6.5.5 - Максимально допустимая температура применения в средах, содержащих водород [41]

Парциальное давление водорода, МПа (кгс/см^2)				
4,9 (50)	9,8 (100)	19,6 (200)	29,4(300)	39,2(400)
475 °С				450 °С

Т а б л и ц а 6.5.6 - Жаропрочные свойства (по ГОСТ 20072-74) (закалка 890-910 °С, масло, 660-680 °С)

Температура °С	$\sigma_{пол.}$, Н/мм^2 (кгс/мм^2) за время, ч	
	10 000	100 000
	не менее	
450	226 (23)	157 (16)
500	118 (12)	
550	74 (7,5)	

Т а б л и ц а 6.5.7 - Технологические свойства

Свариваемость	Трудно сваривается, для сварки прочно-плотных швов не применяется

6.6 Сталь марки 20Х3МВФ (ЭИ 579, ЭИ 415) (перлитного класса)

Таблица 6.6.1 - Химический состав (по ГОСТ 20072-74)

В процентах

C	Si	Mn	Cr	W	Mo	V	Fe	Ni	S	P
								не более		
0,15-0,23	0,17-0,37	0,25-0,5	2,8-3,3	0,3-0,5	0,35-0,55	0,6-0,85	Осн	0,3	0,025	0,03

Таблица 6.6.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс·м/см^2)	
			не менее					
Сортовой прокат Ø, ⌶ до 200 мм, калиброванный, калиброванный и со специальной отделкой поверхности, шестигранник, полоса	ГОСТ 20072-74	В поставке	-	-	-	-	-	не более 269
		Закалка – 1030-1060 °С, масло, 660 – 700 °С	На образцах					
			880 (90)	735 (75)	12	40	59 (6)	-
		Калиброванная нагартованная и термообработанная	По соглашению сторон					
Поковки до 350 мм	ОСТ 26-01-135-61	Закалка 1000-1020 °С, масло 660-690 °С, масло	784 (80)	667 (68)	14	-	59 (6)	241-285
Трубы горячекатаные Ø от 83 до 299 мм, толщина стенки 14-50 мм, и холоднокатаные Ø от 11 до 83 мм, толщина стенки 2 –19 мм	ТУ 14-3-251-74	Термообработанные	-	-	-	-	-	-
Лист 2 – 3,9 мм, 4 – 20 мм	ТУ 14-1-702	Термообработанные	880 (90)	735 (75)	12	-	-	-

Таблица 6.6.3 - Механические свойства (поСТ ЦКБА 026-2005)

Диаметр (толщина) заготовок, мм	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
	$\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, кДж/м^2 (кгсм/см^2)	
	не менее					
До 25 включ	735-833 (75-85)	882 (90)	12	40	588(6,0)	277-321
До 400 включ.	637-735 (65-75)	735 (75)	13	40	490(5,0)	248-293
По ОСТ 26-01-135-81 и ГОСТ 22790-89						
До 350 включ	667(68)	784(80)	13	35	600(6)	-

Таблица 6.6.4 - Механические свойства при высоких температурах [41] (поковки до 350 включ.)

Характеристика	Температура, ^{0}C									
	20	100	150	200	250	300	350	400	450	500
$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	667 (68)	648 (66)	633 (64,5)	618 (63)	598 (61)	589 (60)	579 (59)	569 (58)	530 (54)	500 (51)
$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	784 (80)	746 (76)	731 (74,5)	716 (73)	687 (70)	677 (69)	657 (67)	638 (65)	608 (62)	559 (57)

Таблица 6.6.5 - Механические свойства при повышенных температурах [8]

Температура испытания, ^{0}C	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_в$	δ_5	ψ	KCU, Дж/см^2
	МПа		%		
Диски Ø 600 –1000 мм, толщиной 100 – 150 мм. Закалка 1050 ^{0}C, масло Отпуск 700 ^{0}C (образцы тангенциальные)					
20	730-810	870-910	13	45-50	34-44
200	700	780	12	55	67
300	700	780	10	39	88
400	660	720	10	33	83
500	580-610	600-630	-	44-52	78
550	510-550	530-560	10-12	44	59-78
580	480-500	490-540	11	27-40	59-78
Поковки Ø 965 – 1075 мм Нормализация 1050 ^{0}C Закалка 1000 ^{0}C, масло. Отпуск 670 ^{0}C, охлажденные с печью до 150 ^{0}C (образцы тангенциальные)					
20	590-690	690-780	12-18	41-68	30-108
300	510-600	600-680	11-15	54-61	108-122
400	500-590	550-560	13-16	57-65	99-118
500	450-570	470-570	15-20	69-72	88-118
550	400-510	410-520	12-21	65-80	88-118
600	340-450	360-460	18-23	70-84	88-108

Таблица 6.6.6 - Механические свойства при испытании на длительную прочность (по ГОСТ 20072-74)

$\sigma_{пол.}$, МПа	Скорость ползучести %/ч	Температура, ^{0}C	$\sigma_{д.п.}$, МПа	Длительность испытания, ч	Температура, ^{0}C
177	1/10 000	500	333	10 000	500
147	1/100 000	500	294	100 000	500
127	1/10 000	550	196	10 000	550
98	1/100 000	550	157	100 000	550
49	1/100 000	580	137	10 000	580
			98	100 000	580

Таблица 6.6.7 - Чувствительность к охрупчиванию при старении [8]

Время, ч	Температура, ^{0}C	KCU, Дж/см^2
Исходное состояние		44
10 000	500	73
10 000	550	49
5 000	600	73

Таблица 6.6.8 - Пределы выносливости (гладкие образцы) [11]

Сортамент	Вид нагрузки	t, °С	$\sigma_в$, МПа	σ_{-1} на базе числа циклов нагружения	
				10^7	10^8
Диск, тангенциальные образцы	Изгиб	20	890	495	478
		550	-	290	243
		600	-	285	230
Ротор, продольные образцы	Изгиб	20	760	320	-
Ротор, тангенциальные образцы	Изгиб при вращении	20*	730	350	-
То же	Кручение	20	730	235	-
* Для образца с надрезом σ_{-1} (на базе 10^7 циклов) = 160 МПа.					

Таблица 6.6.9 - Физические свойства [11]

Модуль нормальной упругости		Коэффициент линейного расширения		Плотность, г/см^3
t, °С	E 10^{-5}, МПа	t, °С	α 10^6, К$^{-1}$	
20	2,07	20-100	10,6	7,79
100	2,04	20-200	11,5	
200	2,0	20-300	11,8	
300	1,93	20-400	12,1	
400	1,86	20-500	12,6	
450	1,82	20-550	12,8	
500	1,77	20-600	13,0	
550	1,71			
600	1,64			

Таблица 6.6.10 - Технологические свойства [8]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, °С	1240
Минимальная температура конца ковки, °С	780
Свариваемость	Трудно сваривается, для прочно-плотных швов не рекомендуется
Обрабатываемость резанием	а) При НВ 250-270, Kv тв сп = 0,8, Kv б.ст. = 0,4; б) При НВ = 157 и $\sigma_в$ = 54 кгс/мм^2 (отжиг) Kvтв.спл = 1,5, Kv б.ст. = 1,1

6.7 Сталь марки 15Х5М (Х5М, 12Х5МА) (мартенситного класса)

Таблица 6.7.1 - Химический состав (по ГОСТ 20072-74)

В процентах

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Mo	Fe
не более								
0 15	0 5	0,5	0,6	0,025	0,030	4,5-6,0	0 45-0 60	Осн

Таблица 6.7.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость НВ
			$\sigma_в$ Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс м/см^2)	
			не менее					
Сортовой прокат Ø 7 до 200 мм, калиброванный, калиброванный и со специальной отделкой поверхности, шестигранник, полоса	ГОСТ 20072-74	Отжиг 840-860 °С, с печью	390 (40)	215 (22)	22	50	118 (12)	не более 217
		Калиброванная нагартованная и термообработанная	-	-	-	-	-	Твердость по соглашению сторон
Лист толстый от 4 до 50 мм	ГОСТ 7350-77	Отжиг 840-870 °С, воздух	470 (48)	235 (24)	18	-	-	-
		Нагартованные и полунагартованные	Свойства не нормируются, но определяются Нормы – по соглашению сторон					
Трубы Ø от 19 до 219 мм	ГОСТ 550-75	Отжиг 1) горячедеформированные	392 (40)	216 (24)	22	50	118 (12)	не более 170
		2) холодно и теплодеформированные	392 (40)	216 (24)	22	-	-	не более 170

Таблица 6.7.3 – Расчетные механические свойства при высоких температурах [14]

Характеристика	Температура, °С										
	20	100	150	200	250	300	350	375	400	410	420
$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/см^2)	220 (2200)	210 (2100)	207 (2070)	201 (2010)	190 (1900)	180 (1800)	171 (1710)	164 (1640)	158 (1580)	155 (1550)	152 (1520)
$\sigma_в$ МПа (кгс/см^2)	400 (4000)	380 (3800)	355 (3550)	330 (3300)	320 (3200)	318 (3180)	314 (3140)	312 (3120)	310 (3100)	306 (3060)	300 (3000)

Таблица 6.7.4 - Механические свойства при повышенных температурах [22]

Температура испытания, °С	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_в$	δ_5	ψ
	МПа		%	
Поковки Ø 280 мм Нормализация 1000 °С Отпуск 700 °С, воздух				
20	660	800	16	50
200	580	680	15	68
300	550	670	15	65
400	530	630	14	64
450	520	620	16	70
500	465	550	19	75
550	390	500	22	82
600	300	415	22	84
Образцы из труб толщиной 10-12 мм Нормализация, отпуск				
20	485	640	18	78
400	430	510	12	75
450	385	480	15	76
500	350	430	18	82
600	170	310	21	91

Таблица 6.7.5 - Механические свойства при высоких температурах (по ОСТ 26-01-135-81)

НД на механические свойства поковок	Нормативные прочностные характеристики при 20 °С		Предел текучести, $\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)								
	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_в$	При температуре, °С								
	МПа (кгс/мм^2)		100	150	200	250	300	350	400	450	500
ГОСТ 20072-74	216 (22)	392 (40)	206 (21,0)	196 (20)	186 (19.0)	182 (18,5)	177 (18,0)	172 (17,5)	167 (17,0)	162 (16,5)	142 (14,5)
			Временное сопротивление разрыву, $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)								
			373 (38,0)	348 (35,5)	324 (33,0)	319 (32,5)	314 (32)	309 (31,5)	304 (31)	284 (29)	245 (25,0)

Таблица 6.7.6 – Характеристики жаропрочности (по ГОСТ 20072-74)

Термообработка	t °С	$\sigma_{дп}$, Н/мм^2 (кгс/мм^2), за время, ч		$\sigma_{пол}$, 1% деформации Н/мм^2 (кгс/мм^2), за время, ч	
		10 000	100 000	10 000	100 000
		не менее			
Нормализация 950-980 °С, отпуск, 840-880 °С, воздух	480	177 (18)	147 (15)	103 (10,5)	69 (7,0)
	540	98 (10)	74 (7,5)	64 (6,5)	39 (4,0)

Таблица 6.7.7 – Характеристики жаропрочности [22]

Температура, °С	500	550	600	650	700
$\sigma_{1\ 10^{-4}}$, кгс/мм^2	9-10	6	4	-	-
$\sigma_{1\ 10^{-5}}$, кгс/мм^2	8	5-4	2	1,2	0,7
σ_{10^4}, кгс/мм^2	13,4	8,9	5,4	4,0	2,2
σ_{10^5}, кгс/мм^2	10,5	6,8	3,9	3,0	1,5

Таблица 6.7.8 – Ударная вязкость при отрицательных температурах KCU, Дж/см^2 [8]

Температура, °С				Термообработка
+20	-25 (-20)	-40	-60	
245	222	136	-	Труба Отжиг 800 °С, с печью
281	306	288	-	Труба 1000 °С, воздух, 700 °С, воздух
-	(284)	-	216	900 °С, воздух. 600 °С

Таблица 6.7.9 - Физические свойства [14]

Коэффициент линейного расширения		Модуль нормальной упругости		Плотность, г/см^3
t, °С	$\alpha \cdot 10^6$, °С$^{-1}$	t, °С	$10^{-5} \cdot$ Е, МПа ($10^{-6} \cdot$ Е, кгс/см^2)	
20-100	11,9	20	2,15	7,81
20-200	12,6	100	2,15	
20-300	13,2	150	2,05	
20-400	13,7	200	1,98	
20-500	14,0	250	1,95	
		300	1,90	
		350	1,84	
		400	1,78	
		450	1,71	
		500	1,63	
		550	1,54	
		600	1,40	

Таблица 6.7.10 - Технологические свойства [8]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, °С	1200
Минимальная температура конца ковки, °С	800
Свариваемость	Для сварных конструкций не применима
Склонность к отпускной хрупкости	Не склонна
Обрабатываемость резанием	В горячекатаном состоянии при НВ = 170 и $\sigma_в$ = 390 МПа Kv тв спл = 2,70; Kv б ст = 2,0

7 Стали рессорно-пружинные

7.1 Сталь марки 65Г

Таблица 7.1.1 - Химический состав стали 65Г (по ГОСТ 14959-79)

В процентах

C	Si	Mn	Fe	Cr	S	P
				не более		
0,62-0,70	0,17-0,37	0,9-1,2	Осн.	0,25	0,035	0,035

Таблица 7.1.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С				
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	Твердость, НВ
			не менее				
Сортовой прокат Ø, Т до 250 мм, калиброванный, со специальной отделкой поверхности, полоса	ГОСТ 14959-79	Отжиг (категории 1А, 2А, 3А, 3В, 4А)	-	-	-	-	не более 241
		Без термообработки (категории 1Б, 2Б, 3Б, 4Б, 3Г)	-	-	-	-	не более 285
		Закалка 830 °С, масло, отпуск 470°С (категории 3, 3А, 3Б, 3В, 3Г, 4, 4А, 4Б)	На образцах				
			981 (100)	785 (80)	8	30	-
Лента 0,05 – 2 мм	ГОСТ 21996-76 ГОСТ 21997-76	Группа прочности 1П	1270-1570 (130-160)	-	-	-	Hv 375-485
		2П	1580-1860 (161-190)	-	-	-	486-600
		3П	Св 1860 (190)	-	-	-	Св 600
Лист 4-80 мм	ГОСТ 1577-93	Базовое исполнение					
		Без термообработки	-	-	-	-	285
		По требованию потребителя					
		Лист Без термообработки или нормализованный	740 (75)	-	12	-	285
Лента 0,1 – 4 мм	ГОСТ 2283-79	Отожженная до 1,5 мм включ.	не более 650 (65)	-	15	-	-
		Св 1,5 мм	не более 750 (75)	-	10	-	-
		Нагартованная	750-1200 (75-120)	-	-	-	-
Проволока для пружинных шайб квадратная, прямоугольная, трапецидальная 0,6 – 12 мм	ГОСТ 11850-72	Отожженная	590-780 (60-80)	1 класс			
				-	-	-	-
		Холоднотянутая 0,6 – 3 мм	не более 1030 (115)	-	-	-	-
		Св 0,3 – 5 мм включ	не более 980(100)	-	-	-	-
		Отожженная	490-780 (50-80)	2 класс			
				-	-	-	-
		Холоднотянутая	не более 1230(125)	-	-	-	-
Лист тонкий до 3,9 мм	ТУ 14-1-4118-86	Без термообработки	590-830 (60-85)	-	δ_4 δ_{10} 10 12	-	HRC 26

Таблица 7.1.3 - Механические свойства при повышенных температурах [8]

Температура, °С	$\sigma_{0,2}$ МПа	$\sigma_в$, МПа	δ_5, %	ψ, %
Закалка 830 °С, масло, отпуск 350 °С				
200	1370	1670	15	44
300	1220	1370	19	52
400	980	1000	20	70

Таблица 7.1.4 - Механические свойства при низких температурах [40]

Температура, °С	$\sigma_в$ МПа	$\sigma_в$, МПа	δ_5, %	KCU, кгс м/см^2
20	147	135	10	2,1
-70	153	141	10	1,9
-110	156	143	10	1,5
-196	182	170	10	1,1

Таблица 7.1.5 - Ударная вязкость KCU, *Дж/см^2*

Температура, °С					Термообработка
+20	0	-20	-30	-70	
110	69	27	23	12	Закалка 830 °С Отпуск 480 °С

Таблица 7.1.6 - Предел выносливости [8]

σ_{-1}, МПа	τ_{-1}	Состояние стали и термообработка
725 480 578	431 284 -	Закалка 810 °С, масло Отпуск 400 °С Закалка 810 °С, масло Отпуск 500 °С $\sigma_{0,2}$ = 1280 МПа, $\sigma_в$ = 1470 МПа, НВ 393-454
647 725	- -	$\sigma_{0,2}$ = 1280 МПа, $\sigma_в$ = 1420 МПа, НВ 420 $\sigma_{0,2}$ = 1440 МПа, $\sigma_в$ = 1690 МПа, НВ 450

Таблица 7.1.7 - Физические свойства [11]

Коэффициент линейного расширения		Модуль нормальной упругости		Плотность, г/см^3
t, °С	$\alpha \cdot 10^6$, К$^{-1}$	t, °С	E, МПа	
20-100	11,1	20	21 093	7,85
20-200	11,9			
20-300	12,9			
20-400	13,5			
20-500	14,6			

Таблица 7.1.8 - Технологические свойства [40]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, °С	1250
Минимальная температура конца ковки, °С	780 - 760
Свариваемость	Для сварных конструкций не применима
Обрабатываемость резанием	В термообработанном состоянии при 240 НВ и $\sigma_в$ = 84 кгс/мм^2 Kv = 0,85 (твердый сплав) Kv = 0,80 (быстрорежущая сталь)
Флокеночувствительность	Малочувствительна
Склонность к отпускной хрупкости	Склонна при содержании Mn≥1%

7.2 Сталь марки 60С2А

Таблица 7.2.1- Химический состав (по ГОСТ 14959-79)

В процентах

C	Si	Mn	Fe	Cr	S	P
				не более		
0,58-0,63	1,6-2,0	0,6-0,9	Осн	0,3	0,025	0,025

Таблица 7.2.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С				
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	Твердость, НВ
			не менее				
Сортовой прокат Ø, ⌶ до 250 мм, калиброванный, со специальной отделкой поверхности, полоса	ГОСТ 14959-79	Отжиг (категории 1А, 2А, 3В, 3А, 4А)	-	-	-	-	не более 269
		Без термообработки (категории 1Б, 2Б, 3Б, 4Б, 3Г)	-	-	-	-	не более 302
		Закалка 870 °С, масло 420 °С	На образцах				
			1570 (160)	1375 (140)	6	20	-
Лента 0,05 – 2 мм	ГОСТ 21996-76	Группа прочности 1П	1270-1570 (130-160)	-	-	-	Hv 375-485
	ГОСТ 21997-76	2П	1580-1860 (161-190)	-	-	-	486-600
		3П	Св 1860 (190)	-	-	-	Св. 600

Таблица 7.2.3 - Механические свойства при повышенных температурах [8]

Температура, °С	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_в$	δ_5	ψ	KCU, Дж/см^2
	МПа		%		
Пруток Ø 17 мм. Закалка 860 °С, масло. Отпуск 550 °С, 3 ч. НВ 340-364					
20	1090	1270	11-13	33	24
300	930	1220	15	44	43
400	820	950	19	71	44
500	510	590	23	87	43
Закалка 860 °С, масло. Отпуск 425 °С					
20	1570	1710	10	46	32
200	1370	1670	13	40	34
300	1270	1570	20	58	-
400	1080	1220	22	71	-

Таблица 7.2.4 - Предел выносливости [8]

σ_{-1}, МПа	n	Термообработка
686	10^6	Изотермическая закалка, выдержка при 330 °С, 1 ч. отпуск 300 °С, 1 ч. $\sigma_в$ = 1680 МПа
637	10^6	Закалка. Отпуск 420 °С, $\sigma_в$ = 1810 МПа
500	-	Закалка. Отпуск 400 °С, $\sigma_{0,2}$ = 1760 МПа, $\sigma_в$ = 1900 МПа
421	-	$\sigma_{0,2}$ = 1370 МПа, $\sigma_в$ = 1570 МПа

Таблица 7.2.5 - Механические свойства при отрицательных температурах [40]
(Лист 2 мм Закалка 850 °С, масло. Отпуск 460 °С)

Температура, °С	$\sigma_{0,2}$ МПа	$\sigma_в$, МПа	δ_5, %	KCU, кгс·м/см^2
20	137	150	11	3,9
-70	149	164	11	3,4
-110	159	169	11	3,1
-196	182	200	11	2,1

Таблица 7.2.6 - Физические свойства [22]

Коэффициент линейного расширения		Модуль нормальной упругости		Плотность, г/см^3
t, °С	$\alpha \cdot 10^6$, мм/мм град	t, °С	E, кгс/мм^2	
0-100	11,5-12,4	20	22 500	7,68
0-200	12,8			
0-400	13,1-13,9			
0-500	13,4			

Таблица 7.2.7 - Технологические свойства [8]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, °С	1200
Минимальная температура конца ковки, °С	800
Свариваемость	Для сварных конструкций не применима
Обрабатываемость резанием	В термообработанном состоянии при НВ 270-320 и $\sigma_в$ = 110 кгс/мм^2: Kv = 0,7 (твердый сплав) Kv = 0,27 (быстрорежущая сталь)
Флокеночувствительность	Не чувствительна
Склонность к отпускной хрупкости	Не склонна

7.3 Сталь марки 50ХФА

Таблица 7.3.1- Химический состав (по ГОСТ 14959-79)

В процентах

C	Si	Mn	Cr	V	Fe	S	P
						не более	
0,46-0,54	0,17-0,37	0,5-0,8	0,8-1,0	0,1-0,2	Осн	0,025	0,025

Таблица 7.3.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С				
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	Твердость, НВ
			не менее				
Сортовой прокат Ø, ⊺ до 250 мм, калиброванный, со специальной отделкой поверхности, полоса	ГОСТ 14959-79	Отжиг (категории 1А, 2А, 3А, 3В, 4А)	-	-	-	-	не более 269
		Без термообработки (категории 1Б, 2Б, 3Б, 4Б, 3Г)	-	-	-	-	не более 302
		Закалка 850 °С, масло, отпуск 470°С (категории 3, 3А, 3Б, 3В, 3Г, 4, 4А, 4Б)	На образцах				
			1270 (130)	1080 (110)	8	35	-
Проволока Ø от 5 до 14 мм (51ХФА)	ГОСТ 14963-78	Поставка (для холодной навивки)	не более 1030(105)	-	-	-	-
		Закалка 840-860 °С, масло 370-420 °С, масло	1470 (150)	-	40	-	HRC 43,5-51,5
Лента 0,1 – 4 мм	ГОСТ 2283-79	Отожженная	не более 900(90)	-	8	-	-
		Нагартованная	800-1200 (80-120)	-	-	-	-

Таблица 7.3.3 - Механические свойства при повышенных температурах [8]

Температура, °С	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_в$	δ_5	ψ
	МПа		%	
Закалка 850 °С, масло Отпуск 640 °С				
20	840	940	22	62
200	820	910	16	62
300	750	830	20	59
400	710	830	16	62
500	420	500	26	74
600	-	380	30	87
Закалка 860 °С, масло Отпуск 480 °С При 20 °С HRC 42-44				
20	1370	1470	10	42
100	1250	1410	9	40
200	1200	1380	9	32
300	1180	1370	13	40
400	1060	1200	15	60

Таблица 7.3.4 - Предел выносливости [8]

σ_{-1}, МПа	τ_{-1}, МПа	Состояние стали и термообработка
676	519	Закалка 850 °С, масло. Отпуск 420 °С
666	-	Закалка 850 °С, масло. Отпуск 475 °С $\sigma_{0,2}$ = 1590 МПа, $\sigma_{В}$ = 1630 МПа, НВ 485
725	-	$\sigma_{0,2}$ = 1430 МПа, $\sigma_{В}$ = 1570 МПа

Таблица 7.3.5 – Предел ползучести [8]

$\sigma_{пол}$, МПа	Скорость ползучести, %/ч	Температура, °С
196	1/10 000	425
69	1/100 000	425
27-32	1/10 000	550
10-14	1/100 000	550

Таблица 7.3.6 – Ударная вязкость при – 25 °С [8]

KCU, Дж/см^2	Термообработка	
31	Закалка 850 °С,	отпуск 450 °С
37		550 °С
67		650 °С

Таблица 7.3.7 – Механические свойства при отрицательных температурах [22]

Характеристика	Температура, °С			Состояние материала
	20	-70	-196	
$\sigma_{в}$, кгс/мм^2	166	174	208	Пруток Ø10 мм Закалка 850 °С, Отпуск 400 °С
δ, %	8	8	3	
ψ, %	40	35	5	

Таблица 7.3.8 - Физические свойства [22]

Коэффициент линейного расширения		Модуль нормальной упругости		Плотность, г/см^3
t, °С	$\alpha \cdot 10^6$, мм/мм град	t, °С	Е, кгс/мм^2	
20-100	12,4	20	20 000	7,81
20-200	12,8			
20-300	13,4			
20-400	13,9			
20-500	14,2			

Таблица 7.3.9 - Технологические свойства [8]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, °С	1180
Минимальная температура конца ковки, °С	800
Свариваемость	Для сварных конструкций не применима
Обрабатываемость резанием	В термообработанном состоянии при 269 НВ и $\sigma_в$ = 92 кгс/мм^2 Kv = 0,7 (твердый сплав) Kv = 0,35 (быстрорежущая сталь)
Флокеночувствительность	Не чувствительна
Склонность к отпускной хрупкости	Мало склонна

8 Стали электротехнические нелегированные

8.1 Сталь марки 10895 (Э12)

Таблица 8.1.1 – Химический состав (по ГОСТ 11036-75)

C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	S	P	Fe
			не более					
0,035	0,3	0,3	-	-	0,3	0,030	0,020	Осн

Таблица 8.1.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ не более
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс·м/см^2)	
			не менее					
Горячекатаная (на термически обработанных образцах)	ГОСТ 11036-75	По требованию	270 (27)	-	24	60	-	131
Калиброванная			350 (35)	-	4	-	-	-

Таблица 8.1.3 – Магнитные свойства стали на термически обработанных образцах*

Марка стали	Коэрцитивная сила в разомкнутой цепи, не более		Магнитная индукция при напряженности магнитного поля в А/м в замкнутой цепи, Т, не менее		
	А/м	Э	500	1000	2500
10895 (Э12)	95,0	1,2	1,32	1,45	1,54

* Режим термообработки отжиг без доступа воздуха до температуры не выше 950 °С, время охлаждения до 600 °С – не более 10 часов, далее на воздухе

9 Стали коррозионностойкие магнито-мягкие

9.1 Сталь марки 16Х-ВИ (ЭП 638-ВИ) (ферритного класса)

Таблица 9.1.1 – Химический состав (по ГОСТ 10994-74)

В процентах

C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	S	P	Fe
			не более					
0,015	0,3	0,2	15,5-16,5	0,3	-	0,15	0,015	Осн

Таблица 9.1.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс·м/см^2)	
			не менее					
Листы и ленты холоднокатаные 0,2–1,5 мм Листы горячекатаные 4-12 мм Прутки Ø 10-120мм	ГОСТ 10160-75	Без термообработки	Не определяются					
Прутки Ø 120-200 мм	ТУ 14-1-3037-80	Без термообработки						

Таблица 9.1.3 – Магнитные свойства на термообработанных образцах (по ГОСТ 10160-75)*

Марка стали	Вид поставки	Класс	Индукция Т (10^{-4}Гс) при напряженности магнитного поля, А/см			Коэрцитивная сила	
			B_1	B_{25}	B_{100}	А/м	Э
			не менее			не более	
16Х-ВИ	Лист, Лента, Пруток	I	0,6	1,2	1,45	64	0,8
	Пруток	II	0,6	1,2	1,45	40	0,5
	Пруток	III	0,6	1,2	1,45	24	0,3

* На образцах, термообработанных по режиму, приведенному в ГОСТ 10160-75

Таблица 9.1.4 – Режим отжига стали (по ГОСТ 10160-75)

Среда отжига	Температура и скорость нагрева	Время выдержки, ч	Режим охлаждения
Вакуум с остаточным давлением не выше 10^{-2} мм рт.ст	(1175±25) °С	4-6	До (700±50) °С. со скоростью не более 100 °С/ч, далее до 200 °С со скоростью не менее 200 °С/ч

Таблица 9.1.5 – Механические, физические свойства (справочное) (по ГОСТ 10160-75)

Твердость, НВ	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %
185	390/250 (40/25)	196 (20)	5/25	65
E, кН/мм^2	Плотность, г/см^3	Удельное электросопротивление, ρ, Ом ·мм^2/м	Температура точки Кюри, Θс, °С	Магнитострикция насыщения λ_s, 10^6
220	7,75	0,44	680	25

Таблица 9.1.6 – Механические свойства сварных соединений (опытные данные ЦКБА)

Марка	Термообработка сварного соединения	Индукция в Тл, при напряженности магнитного поля, А/м		Нс А/м
		B_{4000}	B_{8000}	
16Х-ВИ	Без термообработки	1,34	1,53	140
	780 °С, 5 ч	1,33	1,46	113
	по ГОСТ 10160-75	1,40	1,60	80

Таблица 9.1.7 – Скорость коррозии стали

Наименование среды	Скорость коррозии, мм/год
Паровая фаза продукта «Меланж»	0,002
Жидкая фаза продукта «Меланж»	0,003
Газообразный аммиак	0,002
40% раствор КОН при температурах до 110 °С	0,00073

10 Стали и сплавы коррозионностойкие

10.1 Сталь марки 12Х13 (1Х13) (мартенсито-ферритного класса)

Таблица 10.1.1 – Химический состав (по ГОСТ 5632-72)

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Fe	S	P
	не более				не более	
0,09-0,015	0,8	0,8	12,0-14,0	Осн.	0,025	0,03

Таблица 10.1.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс м/см^2)	
			не менее					
Сортовой прокат до 200 мм, калиброванный, Ø, ⌶ до 70 мм, со специальной отделкой поверхности, полоса	ГОСТ 5949-75	Отжиг	-	-	-	-	-	126-197
		Закалка 1000-1050 °С, воздух, масло, отпуск 700-790 °С, воздух	На образцах					
			590 (60)	410 (42)	20	60	88 (9)	-
Калиброванный прокат до 70мм	ГОСТ 1051-73	Отжиг	-	-	-	-	-	126-197
Лист толстый горячекатаный от 4 до 50 мм, холоднокатаный от 4 до 5мм	ГОСТ 7350-77	Закалка 960-1020 °С, воздух, отпуск 680-780 °С, воздух или с печью	490 (50)	340 (35)	21	-	-	-
		Нагартованные и полунагартованные	Свойства не нормируются, но определяются обязательно. Нормы – по соглашению сторон					
		Отжиг по режиму изготовителя	Не гарантируется					
			Не более 650 (66)	250 (25)	15	-	-	-
Лист тонкий горячекатаный от 1,5 до 3,9 мм, холоднокатаный от 0,7 до 3,9 мм	ГОСТ 5582-75	Отжиг или отпуск 740-780°С	440 (45)	-	21	-	-	-
Поковки Ø (толщиной) до 1000 мм	ГОСТ 25054-81	Закалка 1000-1050 °С, масло, отпуск 700-790 °С, воздух	617 (63)	392 (40)	15	40	0,5 (5)	187-229

Окончание таблицы 10.1.2

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс·м/см^2)	
			не менее					
Прутки нагартованные, термообработанные шлифованные Ø от 1,0 до 30 мм	ГОСТ 18907-73	Закалка + отпуск (Т)	490-784 (50-80)	-	16	-	-	-
		Отожженные (О)	-	-	-	-	-	121-187
Лента холоднокатаная от 0,05 до 2,0 мм	ГОСТ 4986-79	Отжиг 740-800°С	440 (45)	-	Толщина 0,2-2 мм 17 < 0,2 мм 9	-	-	-
		Нагартованная Полунагартованная	Свойства по соглашению сторон					
Трубы холодно- и теплодеформированные Ø от 21 до 273мм	ГОСТ 9941-81 Плотность 7,7 г/см^3	Термообработанные	392 (40)	-	22	-	-	-
Трубы горячедеформированные Ø от 57 до 325мм	ГОСТ 9940-81 Плотность 7,7 г/см^3	В поставке	392 (40)	-	21	-	-	-
Проволока от 1,0 до6,0 мм	ГОСТ 18143-72	Термообработка	490-740 (50-75)	-	1 класс 20 2 класс 16	-	-	-

Таблица 10.1.3 - Механические свойства (по СТ ЦКБА 010-2004)

Диаметр (толщина) заготовки, мм	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, кДж/м^2 (кгс м/см^2)	
	не менее					
До 60	588 (60)	412 (42)	20	60	882(9)	От 170 до 195

Таблица 10.1.4 – Механические свойства при повышенных температурах [8]

Температура испытаний, °С	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_в$	δ_5	ψ	KCU, Дж/см^2
	МПа		%		
Прутки. Закалка 1030-1050 °С, масло. Отпуск 680-700 °С					
20	570-590	700-730	19-22	60-68	137-167
200	530-550	650-660	17	67	186-216
300	510-550	600-650	14-16	66-69	176-245
400	460-490	570	13-15	64-67	176-225
500	440-470	520-540	15-18	70	186-245
600	310-410	330-450	20-27	79-85	186-265

Таблица 10.1.5 – Расчетные характеристики при повышенных температурах (поковки толщиной или диаметром до 50 мм) [16]

Температура испытаний, °С	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/см^2)	$\sigma_в$, МПа (кгс/см^2)
20	373 (38)	589 (60)
100	373 (38)	589 (60)
150	353 (36,0)	559 (57,0)
200	334 (34,0)	539 (55,0)
250	329(33,5)	539 (55,0)
300	324 (33,0)	539 (55,0)
350	318 (32,5)	525 (53,5)
400	313 (32,0)	510 (52,0)
450	304 (31,0)	490 (50)
500	275 (28,0)	383 (39,0)

Таблица 10.1.6 – Механические свойства при испытании на длительную прочность [8]

$\sigma_{пол}$, МПа	Скорость ползучести, %/ч	Температура, °С	$\sigma_{дл}$, МПа	Длительность испытания, ч	Температура, °С
103	1/100 000	450	441	10 000	450
93	1/10 000	500	216	100 000	450
56	1/100 000	500	142	10 000	500
121	1/100 000	400	118	100 000	500

Таблица 10.1.7 – Чувствительность к охрупчиванию при старении [12]

Время, ч	Температура, °С	KCU, (кгс м/см^2)
Исходное состояние		11-14
5 000	470	11
10 000	500	9
5 000	530	11

Таблица 10.1.8 – Ударная вязкость при низких температурах [17]

Температура, °С	KCU, (кгс м/см^2)	Температура, °С	KCU, (кгс м/см^2)	Температура °С	KCU, (кгс м/см^2)
Пруток 25х25 мм, (1000 °С, отпуск 680-750 °С)		Пруток 18 мм, закалка +отпуск		Пруток 18 мм, в поставке	
20	15,9	20	5,1	20	22,60
0	12,9	-78	2,2	-78	0,61
-20	7,1				
-40	6,3				
-60	6,1				

Таблица 10.1.9 – Предел выносливости [8]

σ_{-1}, МПа	τ_{-1}	n	Состояние стали
363	-	10^7	$\sigma_{0,2}$ = 590 МПа
-	186	10^7	$\sigma_{0,2}$ = 640 МПа

Таблица 10.1.10 – Технологические свойства [8]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, °С	1230
Минимальная температура конца ковки, °С	850 Сечения до 100 мм охлаждать на воздухе
Свариваемость	Ограниченно сваривается. После сварки обязательна термообработка.
Обрабатываемость резанием	При 235 НВ и $\sigma_в$ = 730 МПа $Kv_{тв\ спл}$ = 0,8, $Kv_{б\ ст}$ = 0,5
Склонность к отпускной хрупкости	Склонна
Плотность, г/см^3	7,75

10.2 Сталь марки 20Х13 (2Х13) (мартенситного класса)

Таблица 10.2.1 – Химический состав (по ГОСТ 5632-72), %

C	Si	Mn	Cr	Fe	S	P
	не более				не более	
0,16-0,25	0,8	0,8	12,0-14,0	Осн.	0,025	0,030

Таблица 10.2.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс м/см^2)	
			не менее					
Сортовой прокат калиброванный, Ø, □ до 70 мм, шестигранные со специальной отделкой поверхности, полоса	ГОСТ 5949-75	Отжиг	-	-	-	-	-	126-197
		Закалка 1000-1050 °С, воздух, масло, отпуск 660-770 °С	На образцах					
			650 (66)	440 (45)	16	55	78 (8)	-
		Закалка 1000-1050 °С, воздух, маслю, отпуск 660-700 °С	830 (85)	635 (65)	10	50	59 (6)	-
Лист толстый от 4 до 50 мм	ГОСТ 7350-77	Термообработка 1000-1050 °С, воздух; отпуск 680-780 °С	510 (52)	375 (38)	20	-	-	-
		Нагартованные и полунагартованные	Нормы – по соглашению сторон					
		Отжиг по режиму изготовителя	Не более 750 (76)	-	-	-	-	-
Калиброванный прокат до 70мм	ГОСТ 1051-73	Отжиг	-	-	-	-	-	126-197
Лист тонкий от 0,7 до 3,9 мм	ГОСТ 5582-75	Отжиг или отпуск 740-800°С	490 (50)	-	20	-	-	-
Лента холоднокатаная от 0,05 до 2,0 мм	ГОСТ 4986-79	Отжиг (отпуск) 740-800°С	500 (50)	-	Толщина 0,2-2 мм 16; < 0,2 мм 8	-	-	-
Поковки до 1000 мм	ГОСТ 25054-81	Закалка 1000-1050 °С, воздух, масло; отпуск 660-770 °С	588 (60)	441 (45)	14	40	0,4 (4)	197-248

Окончание таблицы 10.2.2

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс м/см^2)	
			не менее					
Проволока от 1,0 до 6,0 мм	ГОСТ 18143-72	Термообработанная	540-780 (55-80)	-	1 класс 20 2 класс 14	-	-	-
		Холоднотянутая	980-1320 (100-135)	-	-	-	-	-
Прутки шлифованные Ø от 1,0 до 30 мм	ГОСТ 18907-73	Закалка + отпуск (Т)	510-780 (50-80)	-	14	-	-	-
		Отжиг (0)	-	-	-	-	-	126-197

Таблица 10.2.3 - Механические свойства (по СТ ЦКБА 010-2004)

Диаметр (толщина) заготовки, мм	Механические свойства при 20 °С					Твердость	
	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, кДж/м^2 (кгс м/см^2)	HRC	HB
	не менее						
До 60	588 (60)	412(42)	20	60	882(9)	-	От 170 до 195
	От 1274 до 1470 (От130 до 150)	От 1078 до 1274 (От 110 до 130)	От 3 до 8	-	От 98 до 392 (От 1 до 4)	39,6-44,5	От 350 до 400
	882 (90)	686 (70)	10	40	392 (4)	29-36	От 269 до 310
	784 (80)	539 (56)	12	45	588 (6)	23,5-29	От 235 до 269
	647 (66)	441 (45)	16	55	784 (8)	-	От 190 до 240

Таблица 10.2.4 – Гарантированные механические свойства при высоких температурах [6]

Сортамент	Характеристика	Температура, °С						
		20	50	100	150	200	250	300
Поковки диаметром (толщиной) до 300 мм	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	647 (66)	628 (64)	608 (62)	589 (60)	569 (58)	549 (56)	530 (54)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	441 (45)	422 (43)	412 (42)	392 (40)	392 (40)	363 (37)	353 (36)
	δ, %	12	11	11	10	10	9	9
	ψ, %	40	40	40	40	40	40	40
Прокат Ø, $\tilde{T}$ (толщина) до 60 мм, калиброванная сталь Ø, $\tilde{T}$ до 70 мм	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	647 (66)	628 (64)	608 (62)	589 (60)	569 (58)	549 (56)	530 (54)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	441 (45)	422 (43)	412 (42)	392 (40)	392 (40)	363 (37)	353 (36)
	δ, %	16	15	15	14	14	13	13
	ψ, %	55	55	55	55	55	55	55

Окончание таблицы 10.2.4

Сортамент	Характеристика	Температура, °С						
		20	50	100	150	200	250	300
То же более 60 до 100 мм	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	647 (66)	628 (64)	608 (62)	589 (60)	569 (58)	549 (56)	530 (54)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	441 (45)	422 (43)	412 (42)	392 (40)	392 (40)	363 (37)	353 (36)
	δ, %	15	14	14	13	13	12	12
	ψ, %	50	50	50	50	50	50	50
То же более 100 до 150 мм	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	647 (66)	628 (64)	608 (62)	589 (60)	569 (58)	549 (56)	530 (54)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	441 (45)	422 (43)	412 (42)	392 (40)	392 (40)	363 (37)	353 (36)
	δ, %	13	12	12	11	11	11	11
	ψ, %	45	45	45	45	45	45	45
Листы толщиной от 4 до 50 мм	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	510 (52)	491 (50)	481 (49)	471 (48)	441 (45)	432 (44)	412 (42)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	373 (38)	353 (36)	343 (35)	323 (33)	323 (33)	304 (31)	294 (30)
	δ, %	20	21	21	20	20	19	19

Таблица 10.2.5 – Механические свойства поковок (толщиной, Ø до 200 мм) при высоких температурах [16]

Температура испытаний, °С	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)
20	471 (48,0)	628 (64,0)
100	451 (46,0)	589 (60,0)
150	432 (44,0)	549 (56,0)
200	417 (42,0)	530 (54,0)
250	392 (40,0)	510 (52,0)
300	363 (37,0)	490 (50,0)
350	363 (37,0)	476 (48,5)
400	363 (37,0)	461 (47,0)
450	343 (35,0)	432 (44,0)
500	324 (33,0)	363 (37,0)

Таблица 10.2.6 – Механические свойства при испытании на длительную прочность [8]

$\sigma_{пол}$, МПа	Скорость ползучести %/ч	Температура, °С	$\sigma_{дл}$, МПа	Длительность испытания, ч	Температура, °С
125	1/100 000	450	289	10 000	450
75	1/100 000	470	191	10 000	500
47	1/100 000	500	255	100 000	450
29	1/100 000	550	157	100 000	500

Таблица 10.2.7 – Предел выносливости при изгибе ($\sigma_{-1В}$) при 10^7 циклах [18]

Температура, °С	20	300	400	500
Образцы с надрезом	24,5	20,5	17,0	13,5
Образцы без надреза	37,5	32,5	31,0	24,0

Таблица 10.2.8 – Ударная вязкость при низких температурах [17] (пруток 25х25 мм, нормализация 1000 °С, отпуск 680-750 °С)

Температура, °С	KCU, (кгс м/см^2)
20	7,7-5,7
0	6,4-4,6
-20	5,5-4,2
-40	5,0-3,3
-60	4,2-3,5
-80	5,4-0,3
-100	3,2-0,5

Таблица 10.2.9 – Чувствительность к охрупчиванию при старении [12]

Время, ч	Температура, °С	KCU, (кгс м/см^2)
Исходное состояние		8,0
10 000	500	12,0
	550	11,0
	600	15,0

Таблица 10.2.10 – Технологические свойства [8]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, °С	1250
Минимальная температура конца ковки, °С	850 До 150 мм охлаждение на воздухе
Свариваемость	Ограниченно сваривается
Обрабатываемость резанием	При НВ 241 и $\sigma_в$ = 730 МПа $Kv_{тв\ спл}$ = 0,7; $Kv_{б\ ст}$ = 0,45
Склонность к отпускной хрупкости	Склонна
Плотность, г/см^3	7,75

10.3 Сталь марки 30Х13 (3Х13) (мартенситного класса)

Таблица 10.3.1 – Химический состав (по ГОСТ 5632-72)

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Fe	S	P
	не более				не более	
0,26-0,35	0,8	0,8	12,0-14,0	Осн.	0,025	0,030

Таблица 10.3.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс·м/см^2)	
			не менее					
Сортовой прокат до 200 мм калиброванный Ø, ⏊ до 70 мм, шестигранник со специальной отделкой поверхности, полоса	ГОСТ 5949-75	Отжиг	-	-	-	-	-	217-131
		Закалка 1000-1050 °С, воздух, масло, отпуск 200-300 °С	-	-	-	-	-	HRC>49,5
Калиброванный прокат до 70мм	ГОСТ 1051-73	Отжиг	-	-	-	-	-	131-217
Прутки шлифованные Ø от 1,0 до 30 мм	ГОСТ 18907-73	Закалка + отпуск (Т)	530-780 (54-80)	-	12	-	-	-
		Отжиг (О)	-	-	-	-	-	131-217
Поковки до 1000 мм	ГОСТ 25054-81	Закалка 1000-1050 °С, масло, отпуск 660-770 °С, воздух	588 (60)	735 (75)	14	40	0,3 (3)	235-277
Лист тонкий от 0,7 до 3,9 мм	ГОСТ 5582-75	Отжиг или отпуск 740-800°С	540 (55)	-	17	-	-	-
Лента холоднокатаная от 0,05 до 2,0 мм	ГОСТ 4986-79	Отжиг 740-800°С	540 (55)	-	Толщина 0,2-2 мм 15 < 0,2 мм 8	-	-	-
Проволока от 1,0 до 6,0 мм	ГОСТ 18143-72	Термообработанная	590-830 (60-85)	-	1 класс 16 2 класс 12	-	-	-

Таблица 10.3.3 - Механические свойства (по СТ ЦКБА 010-2004)

Диаметр (толщина) заготовки, мм	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ (HRC)
	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_{0.2}$ МПа (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, кДж/м^2 (кгс м/см^2)	
	не менее					
До 60	От 1470 до1666 (От 150 до 170)	От 1176 до 1372 (От 120 до 140)	От 1 до 6	От 2 до 7	-	HRC (49,5-55,5)
	882 (90)	686 (70)	10	40	294 (3)	От 269 до 330

Таблица 10.3.4 – Гарантированные механические свойства при высоких температурах [6]

Сортамент	Характеристика	Температура, °С						
		20	50	100	150	200	250	300
Прокат и поковки диаметром до 200 мм	$\sigma_в$ МПа (кгс/мм^2)	883 (90)	853 (87)	824 (84)	795 (81)	765 (78)	746 (76)	726 (74)
	$\sigma_{0.2}$ МПа (кгс/мм^2)	685 (70)	685 (70)	677 (69)	667 (68)	657 (67)	638 (65)	628 (64)
	δ, %	9	9	9	8	8	7	7
	ψ %	40	40	40	40	40	40	40

Таблица 10.3.5 – Релаксационная стойкость [18]

Рабочая температура, °С		450			
σ_o, кгс/мм^2		30	25	20	15
$\sigma_{ост}$, кгс/мм^2	10^3 ч	11,3	9,5	8,6	6,3
	$5\ 10^3$ ч	9,4	6,8	6,4	4,6

Таблица 10.3.6 – Чувствительность к охрупчиванию при старении [18]

Время, ч	Температура, °С	KCU, (кгс м/см^2)
Исходное состояние		5,5
20000	500	3,5
7000	550	5,0
3000	600	6,0

Таблица 10.3.7 – Ударная вязкость при низких температурах [17]

Температура испытаний, °С	KCU (кгс м/см^2)
Пруток Ø 25 мм, термообработанный	
+20	6,4
-50	4,6
-100	1,1
Пруток Ø 25 мм, закалка 1050 °С, отпуск 550 °С	
+20	5,25
-78	1,95
Пруток Ø 25 мм, в поставке	
+20	9,9
-78	0,46

Таблица 10.3.8 – Механические свойства при испытании на ползучесть [8]

$\sigma_{пол}$, МПа	Скорость ползучести, %/ч	Температура, °С
131	1/100 000	400
82	1/100 000	450

Таблица 10.3.9 – Технологические свойства [8]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, °С	1250
Минимальная температура конца ковки, °С	850
Свариваемость	Не применяется для сварных конструкций
Обрабатываемость резанием	После закалки и отпуска при НВ 241 и $\sigma_в$ = 75 кгс/мм^2 $Kv_{тв\ спл.}$ = 0,7, $Kv_{б\ ст}$ = 0,45
Склонность к отпускной хрупкости	Склонна
Плотность, г/см^3	7,76

10.4 Сталь марки 95Х18 (ЭИ 229) (мартенситного класса)

Таблица 10.4.1 – Химический состав (по ГОСТ 5632-72)

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Fe	S	P
	не более				не более	
0,9-1,0	0,8	0,8	17,0-19,0	Осн.	0,025	0,030

Таблица 10.4.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ (HRC)
			$\sigma_в$ Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$ Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU Дж/см^2 (кгс м/см^2)	
			не менее					
Сортовой прокат до 200 мм калиброванный Ø,1 до 70 мм, шестигранник со специальной отделкой поверхности, полоса	ГОСТ 5949-75	Отжиг	-	-	-	-	-	не более 269
		Закалка 1000-1050 °С, воздух, масло, отпуск 200-300 °С	-	-	-	-	-	не менее (55 HRC)
Калиброванный прокат до 70 мм	ГОСТ 1051-73	Отжиг	-	-	-	-	-	217-131
Шарики из нержавеющей стали. Технические условия	ТУ ВНИПП 080-90	Закалка+ отпуск	-	-	-	-	-	HRC (59-63)
		Закалка+ отпуск 400-420 °С	-	-	-	-	-	не менее (56 HRC)
Примечание – Прутки поставляются также по ТУ 14-1-378-72, из 95Х18–Ш – по ТУ 14-1-595-73								

Таблица 10.4.3 - Механические свойства (по СТ ЦКБА 010-2004)

Диаметр (толщина) заготовки, мм	Механические свойства при 20 °С					Твердость, HRC
	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм$^{2)}$	δ_5, %	ψ, %	KCU, кДж/м^2 (кгс м/см^2)	
	не менее					
До 60	От 1470 до1666 (От 150 до 170)	-	-	-	От 29,4 до 49 (от 0,3 до 0,5)	От 56,5 включ. и выше

Таблица 10.4.4 –Механические свойства при повышенных температурах [8]

Температура, ^{0}C	KCU, Дж/см^2	HRC
Закалка 1050 ^{0}C, масло Обработка холодом при минус 70 ^{0}C Отпуск 400 ^{0}C		
20	-	58-59
200	12-18	57-58
300	12-22	56-57
400	12-22	56-57

Таблица 10.4.5 – Предел выносливости

σ_{-1}, МПа	Термообработка
960	Закалка 1050 ^{0}C, масло Отпуск 150^{0}C, HRC 61

Таблица 10.4.6 – Физические свойства

Температура t, °C	Коэффициент линейного расширения $\alpha\ 10^6$, мм/мм град	Температура t, °C	Модуль нормальной упругости E, кгс/мм^2	Плотность, г/см^3
0-100	11,7	20	20200-21500	7,65
0-200	12,1			
0-300	12,4			
0-400	12,9			

Таблица 10.4.7 – Технологические свойства [8]

Исходная температура перед ковкой, ^{0}C	1180
Минимальная температура конца ковки, ^{0}C	850
Свариваемость	Не сваривается
Обрабатываемость резанием	В отожженном состоянии при НВ = 212-217 и $\sigma_в$ = 71 кгс/мм^2 $Kv_{тв\ спл}$ = 0,86, $Kv_{б\ ст}$ = 0,35

10.5 Сталь марки 12Х17 (ферритного класса)

Таблица 10.5.1 – Химический состав стали (по ГОСТ 5632-72)

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Fe	S	P
не более					не более	
0,12	0,8	0,8	16,0-18,0	Осн	0,025	0,030

Таблица 10.5.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
			$\sigma_в$ Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$ Н/мм^2 (кгс/мм$^{2)}$	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс м/см^2)	
			не менее					
Сортовой прокат до 200 мм калиброванный Ø, ⌠ до 70 мм, со специальной отделкой поверхности, полоса	ГОСТ 5949-75	Отжиг	-	-	-	-	-	126-197
			На образцах					
		Отжиг 760-780 °С, воздух или вода	390 (40)	245 (25)	20	50	-	-
Лист тонкий от 0,7 до 3,9 мм	ГОСТ 5582-75	Отжиг или отпуск 740-800°С	490 (50)	-	20	-	-	-
Лист толстый горячекатаный от 4 до 50 мм, холоднокатаный от 4 до 5мм	ГОСТ 7350-77	Отжиг 760-780 °С, воздух, с печью	До 25 мм					
			440 (45)	-	18	-	-	-
		Отжиг по режиму изготовителя	не более 650 (66)	250 (25)	15	-	-	-
Трубы бесшовные горячедеформированные Ø от 57 до 325 мм	ГОСТ 9940-81 ρ = 7,7 г/см^3	В поставке (без термообработки)	441 (45)	-	17	-	-	-
Трубы бесшовные холодно- и теплодеформированные Ø от 5 до 273 мм	ГОСТ 9941-81 ρ = 7,7 г/см^3	Термообработанные	441 (45)	-	17	-	-	-

Таблица 10.5.3 - Механические свойства (по СТ ЦКБА 010-2004)

Диаметр (толщина) заготовки, мм	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм$^{2)}$	δ_5, %	ψ, %	KCU, кДж/м^2 (кгс м/см^2)	
	не менее					
До 60	392 (40)	245 (25)	20	50	294 (3)	От 126 до 197
		157 (16)	25	55	49 (0,5)	

Таблица 10.5.4 Магнитные характеристики (по СТ ЦКБА 016-2005)

Режим термообработки	Коэрцитивная сила Hc = 0,23 кА/м при остаточной магнитной индукции Br = 0,3 Тл; наибольшая магнитная индукция Bs = 1,6 Тл при максимальной коэрцитивной силе Hm = 20кА/м
Отжиг 780-810 °С, выдержка 20 часов, охлаждение с печью ($\sigma_{0,2}$ > 16 кгс/мм^2)	

Таблица 10.5.5 – Механические свойства в зависимости от температуры испытания [8]

Температура испытаний, °С	σ_{02} кгс/мм^2	$\sigma_в$, кгс/мм^2	δ_5, %	KCU, кгс м/см^2
-70	-	-	-	0,30
-30	-	-	-	0,58
20	32	52	26	3,48
100	30	46	27	-
200	27	47	26	-
300	26	45	25	-

Таблица 10.5.6 – Физические свойства

Температура t, °С	Коэффициент линейного расширения $\alpha \cdot 10^6$, мм/мм град	Температура t, °С	Модуль нормальной упругости E 10^{-10} Н/м^2* [19]	Плотность, г/см^3
20-100	10,4	20	23,2	7,72
20-200	10,6	100	22,7	
20-300	10,8	200	21,9	
20-400	11,2	300	21,1	
		400	20,1	
* Зарубежные данные				

Таблица 10.5.7 – Технологические свойства [8]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, °С	1250
Минимальная температура конца ковки, °С	900
Свариваемость	Для сварки прочно-плотных швов не рекомендуется

10.6 Сталь марки 14Х17Н2 (ЭИ 268) (мартенсито-ферритного класса)

Таблица 10.6.1 – Химический состав (по ГОСТ 5632-72)

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Ni	Fe	S	P
	не более					не более	
0,11-0,17	0,8	0,8	16,0-18,0	1.5-2,5	Осн.	0,025	0,03

Таблица 10.6.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ %	KCU, Дж/см^2 (кгс·м/см^2)	
			не менее					
Сортовой прокат до 200 мм, калиброванный, Ø до 70 мм	ГОСТ 5949-75	Отжиг	-	-	-	-	-	не более 285
		1 Закалка 975-1040 °С, масло, отпуск 275-350°С	На образцах					
			1080 (110)	835 (85)	10	30	49 (5)	-
		2 Закалка 1000-1030 °С, маслю, отпуск 620-660 °С	835 (85)	635 (65)	16	55	75 (8)	-
Прутки нагартованные, термообработанные шлифованные Ø от 1,0 до 30 мм	ГОСТ 18907-73	Отжиг	-	-	-	-	-	не более 302
		Нагартованные	Без испытаний					
Прутки калиброванные Ø от 5 до 70мм	ГОСТ 1051-73	В соответствии с заказом	По ГОСТ 5949-75					
Поковки Ø(толщиной) до 1000 мм	ГОСТ 25054-81	Закалка 980-1020 °С, масло, отпуск 680-700 °С	686 (70)	539 (55)	12-15	30-40	49(5)-59(6)	248-293
Лист тонкий от 0,7 до 3,9 мм	ГОСТ 5582-75	Отжиг 650-700°С	По согласованию					
Лист толстый от 4 дот 50 мм	ГОСТ 7350-77	Отжиг 650-700°С	По согласованию					

Таблица 10.6.3 - Механические свойства (по СТ ЦКБА 010-2004)

Диаметр (толщина) заготовки, мм	Механические свойства при 20 °С					Твердость	
	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, кДж/м^2 (кгс·м/см^2)	HRC	HB
	не менее						
До 60	1078 (110)	833 (85)	10	30	490 (5)	37-42,5	От 331 до 339
	931 (95)	735 (75)				30-37	От 277 до 331
	784 (80)	568 (58)	14	50	588 (6)	22,5-31	От 229 до 285
	735 (75)	490 (50)				25-28	От 240 до 260

Таблица 10.6.4 Магнитные характеристики (по СТ ЦКБА 016-2005)

Режим термообработки	
Отжиг 680-700 °С, выдержка 20 часов, охлаждение с печью ($\sigma_{0,2} \geq 50$ кгс/мм^2)	Наименьшая коэрцитивная сила Нс = 0,1 кА/м при остаточной магнитной индукции Br = 0,5 Тл, индукция насыщения Bs = 1,5 Тл при максимальной коэрцитивной силе Hm = 20кА/м

Таблица 10.6.5 – Гарантированные механические свойства при высоких температурах [6], [20]

Сортамент	Характеристика	Температура, °С							
		20	50	100	150	200	250	300	350
Сортовой прокат, поковки Ø (толщиной) не более 60 мм	$\sigma_в$ МПа (кгс/мм^2)	1080 (110)	1060 (108)	1050 (107)	1040 (106)	1030 (105)	1010 (103)	1000 (102)	961 (98)
	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	834 (85)	824 (84)	824 (84)	814 (83)	804 (82)	795 (81)	785 (80)	785 (80)
	δ, %	10	10	10	10	10	10	10	10
	ψ, %	25	24	24	23	22	22	22	22
То же более 60 мм КП 540	$\sigma_в$ МПа (кгс/мм^2)	687 (70)	687 (70)	667 (68)	657 (67)	657 (67)	638 (65)	638 (65)	608 (62)
	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	540 (55)	530 (54)	530 (54)	520 (53)	520 (53)	510 (52)	510 (52)	510 (52)
	δ, %	12	12	12	12	12	12	12	12
	ψ, %	40	40	40	38	36	35	34	34
Сортовой прокат, поковки до 60 мм КП 588*	$\sigma_в$ МПа (кгс/мм^2)	784 (80)	-	-	-	-	638 (65)	-	608 (62)
	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	588 (58)	-	-	-	-	510 (52)	-	510 (52)
	δ, %	14	-	-	-	-	12	-	12
	ψ, %	50	-	-	-	-	35	-	34
* По СТ ЦКБА 010-2004									

Таблица 10.6.6 – Ударная вязкость при отрицательных температурах [21]

Режим термообработки	Вид образцов	Температура испытания, °С	KCU, (кгс м/см^2)
Закалка 970 °С, масло, отпуск 270 °С	Продольные	20	11,4
		-20	5,1
		-50	3,8
		-70	2,25
	Поперечные	20	0,6
		-20	0,37
		-50	0,37
		-70	0,37
Закалка 970 °С, масло, отпуск 670 °С	Продольные	20	14
		-20	10,2
		-50	8,3
		-70	2,35
	Поперечные	20	1,15
		-20	0,67
		-50	0,5
		-70	0,5

Таблица 10.6.7 – Чувствительность к охрупчиванию при старении [21]

Время, ч	Температура, °С	KCU, (кгс м/см^2)
Исходное состояние		8
1000	300	12,0
	350	9,5
	400	1,6
	450	1,0

Таблица 10.6.8 – Механические свойства при испытании на длительную прочность [8]

$\sigma_{пол.}$, МПа	Скорость ползучести %/ч	Температура, °С	$\sigma_{дп}$, МПа	Длительность испытания, ч	Температура, °С
274	2/100	450	608-686	1000	400
			588-666	2000	400
			617	200	450

Таблица 10.6.9 – Технологические свойства [8]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, °С	1230
Минимальная температура конца ковки, °С	900
Свариваемость	Ограниченно сваривается, термообработка после сварки - обязательна
Обрабатываемость резанием	После закалки и отпуска НВ 430 и $\sigma_в$ = 110 кгс/см^2 $Kv_{тв\ спл}$ = 0,2, $Kv_{б\ ст}$ = 0,15
Плотность, г/см^3	7,75

10.7 Сталь марки 07Х16Н4Б, 07Х16Н4Б-Ш (мартенситного класса)

Таблица 10.7.1 –Химический состав стали (по ТУ 14-1-3570-83)

В процентах

C	Mn	Si	Cr	Ni	Nb	Fe	S	P	Cu
		не более					не более		
0,05-0,10	0,2-0,5	0,6	15,0-16,5	3,5-5,5	0,2-0,4	осн	0,02	0,025	0,2

Таблица 10.7.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ (HRC)
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$ Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс м/см^2)	
			не менее					
Поковки Ø, Т от 180 до 400 мм	ТУ 14-1-3570-83 Гарантируются неметаллические включения, УЗК, стойкость к МКК	Отжиг	-	-	-	-	-	не более 302
			На образцах					
		Закалка 1050 °С, масло, отпуск 650 °С	880 (90)	735 (75)	13	50	88 (9)	HRC (25-30)
Сортовой прокат от 30 до 180мм	ТУ 14-1-3573-83 Гарантируются неметаллические включения, стойкость к МКК, УЗК от Ø 80 мм		880 (90)	735 (75)	13	15	88 (9)	

Таблица 10.7.3 – Механические свойства поковок и заготовок в термически обработанном состоянии (по ТУ 5.961-11503-92)

Масса исходного слитка	Температура испытаний, °С	Механические свойства						Критическая температура хрупкости, t ко, °С
		$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, кДж/м^2 (кгс м/см^2)	Твердость НВ, по Бринеллю	
								не более
До 25 т включ.	20	880 (90)	690 (70)	12	40	586 (6)	269-302	-10
	150	780 (80)	660 (67)	11	40	-	-	
	350	735 (75)	635 (65)	10	40	-	-	
От 25 до 56 т	20	785 (80)	590 (60)	11	40	588 (6)	262-302	-10
	150	735 (75)	615 (63)	11	40	-	-	
	350	590 (60)	540 (55)	10	40	-	-	

Примечание – Значения механических свойств относятся к продольным (для поковок типа штанг и заготовок из сортового горячекатаного металла и полых поковок при Н > 1,2 Днар и Двн. > 0,5 Днар), поперечным (для листов и плит) и тангенциальным (для полых поковок при Н > 1,2 Днар и Двн > 0,5 Днар) образцам

Таблица 10.7.4 - Механические свойства стали (по СТ ЦКБА 010-2004)

Диаметр (толщина) заготовки, мм	Механические свойства					Твердость, НВ
	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, кДж/м^2 (кгс м/см^2)	
	не менее					
До 60	882 (90)	735 (75)	13	50	588 (6)	От 248 до 302

Таблица 10.7.5 - Гарантированные механические свойства стали при высоких температурах [6]

Сортамент	Характеристика	Температура, °С							
		20	50	100	150	200	250	300	350
Сортовой прокат Ø, ↑ от 30 до 180 мм, поковки Ø, ↑ от 180 до 400 мм	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	882 (90)	880 (89,7)	850 (87)	830 (85)	770 (79)	760 (78)	730 (75)	720 (74)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	735 (75)	735 (75)	720 (74)	710 (73)	700 (71)	680 (69)	670 (68)	650 (66)
	δ, %	13	13	12	12	11	11	10	9
	ψ, %	50	50	50	50	50	50	50	50

Таблица 10.7.6 – Ударная вязкость при комнатной и отрицательных температурах испытания и критическая температура хрупкости [24]

Метод выплавки	Вид и размер полуфабриката	Термообработка	Показатели	Температура, °С							tко, °С
				20	0	-20	-40	-60	-80	-100	
Открытая электродуговая	Пруток [1] Ø 16-32 мм (2 плавки)	Закалка 1050 °С, масло + 650°С, 2ч	KCV, кДж/м^2	1250 / 1770	1190 / 1270	700 / 1090	390 / 750	350 / 450	160 / 260	100 / 310	-
	Поковка [2] Ø 510 мм (1 плавка)	Закалка 1050 °С, масло + 580°С, 6 ч+645°С, 12 ч	KCV, кДж/м^2	840-1730 / 1210	710-780 / 730	720-740 / 730	630-660 / 645	580-610 / 600	(-70 °С) 500-610 / 550	-	0
			% волокна в изломе	53-55 / 54	52-53 / 52	51-52 / 51	44-47 / 45	39-47 / 44	(-70 °С) 34-44 / 39	-	0
Электрошлаковый переплав	Пруток [3] Ø 16-80 мм (2 плавки)	Закалка 1050 °С, масло + 650°С, 2-4 ч	KCV, кДж/м^2	1660-2190 / 1900	1490-1670 / 1600	1380-1650 / 1450	1100-1480 / 1300	980-1200 / 982	620-1200 / 700	400-750 / 600	-80
			% волокна в изломе	69-80 / 72	69-80 / 72	66-75 / 70	62-77 / 70	59-62 / 60	47-51 / 50	34-39 / 36	-80

[1] В числителе минимальные, а в знаменателе максимальные значения KCV

[2] В числителе минимальные и максимальные значения, а в знаменателе средние значения KCV и процента вязкой составляющей в изломе ударных образцов

[3] В стали электрошлаковой выплавки значения KCV получены при температуре 20 °С на 13 поковках Ø 510 мм металла 8 плавок.

Таблица 10.7.7 –Влияние старения на ударную вязкость (образцы типа IV) [24]

Метод выплавки	Температура, °С	Длительность старения,ч	KCV, (кгс·м/см^2), при температуре, (°С)*						
			20	0	-20	-40	-60	-70	-196
Открытая, электро-дуговая	Исходное состояние (закалка 1050 °С + 650°С)		8,1	7,1 7,8	7,2 7,4	6,3 6,6	5,8 6,1	5,0 6,1	1,6 2,1
	340	1000 5000	6,1 9,0	6,0 11,2	4,7 6,7	4,8 5,2	4,2 5,2	4,4 4,7	1,4 2,5
*В числителе – минимальное, в знаменателе - максимальное значение KCV.									

Таблица 10.7.8 – Предел выносливости

Предел усталости при изгибе σ_{-1B} на базе 2 10^8 циклов при температуре 20 °С для гладких образцов 54-57кгс/мм^2; для образцов с надрезом (r = 0,25 мм) – 19-20 кгс/мм^2 [24]

Таблица 10.7.9 – Технологические свойства стали [24]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, °С	1160-1180
Минимальная температура конца ковки, °С	900
Свариваемость	Сваривается в толщинах до 150 мм без подогрева, аргоно-дуговым, ручным и автоматическим способом проволокой химического состава близкого к основному металлу

10.8 Сталь марки 09Х15Н8Ю (ЭИ 904) (аустенито-мартенситного класса)

Таблица 10.8.1 – Химический состав (по ГОСТ 5632-72)

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Ni	Al	Fe	S	P
не более							не более	
0,09	0,8	0,8	14,0-16,0	7,0-9,4	0,7-1,3	осн.	0,025	0,035

Таблица 10.8.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс м/см^2)	
			не менее					
Лист тонкий от 0,7 до 3,9 мм	ГОСТ 5582-75 Гарантируется стойкость к МКК	Нормализация 1040-1080 °С	не более 1080 (110)	-	20	-	-	-
Лента холоднокатаная от 0,05 до 2,0 мм	ГОСТ 4986-79	Нормализация 1030-1070 °С	не более 1130 (115)	-	8-15	-	-	-
		Нормализация 975-1000 °С, -70 °С, 400-500 °С	На образцах					
			1180 (120)	-	3-5	-	-	-
Лента от 0,1 до 1,3 мм	ТУ 14-1-2410-78	Полунагартованная	980 (100)	-	3-6	-	-	-
		Нагартованная	1270 (130)	-	2-4	-	-	-
Сортовой прокат Ø, ⌀ от 8 до 200 мм	ТУ 14-1-1831-76	Без термообработки Нормализация 975 °С, -70 °С, 425 °С	Свойства на образцах					
			1180 (120)	880 (90)	12	45	(4)	-
Примечание – Поковки поставляются по ТУ 14-1-1530-75								

Таблица 10.8.3 – Физические свойства [12]

Температура, °С	Коэффициент линейного расширения α 10^6, 1/°С	Температура, °С	Модуль нормальной упругости $E \cdot 10^{-4}$, МПа	Плотность, г/см^3	
20-100	10,3	20	19,5	Мягкая	7,75
20-200	11,9	500	16,0	упрочненная	7,66
20-300	12,2				
20-400	12,5				
20-500	12,7				

Таблица 10.8.4 – Технологические свойства [12]

Интервал деформации	1180-850 ^{0}C
Свариваемость	Сваривается всеми видами сварки

10.9 Сталь марки 09Х16Н4Б-Ш (мартенситного класса)

Таблица 10.9.1 –Химический состав (по ТУ 14-1-3018-80)

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Ni	Nb	Fe	S	P	Cu
	не более						не более		
0,08-0,12	0,6	0,5	15,0-16,5	4,0-4,5	0,05-0 15	осн	0,012	0,025	0,2

Таблица 10.9.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С						Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU Дж/см^2 (кгс м/см^2)	KCV Дж/см^2 (кгс м/см^2)	
			не менее						
Сортовой прокат Ø до 180 мм	ТУ 14-1-463-72 Гарантируются неметаллические включения	Отжиг	-	-	-	-	-	-	не более 321
		I Закалка 1150 °С, воздух, отпуск 600-620 °С и двухкратная обработка закалка 1030-1050°С, отпуск 600-620 °С	На продольных образцах						
			834 (85)	980 (100)	10	50	(8)	(5)	-
			На поперечных образцах						
			834 (85)	980 (100)	8	40	(5)	(4)	-
		II Закалка 1150 °С, воздух, отпуск 600-620 °С +закалка 1030-1050°С, отпуск 600-620 °С +закалка 970-980 °С, отпуск 300-370 °С	На продольных образцах						
			930 (95)	1175 (120)	10	50	(8)	(5)	-
			На поперечных образцах						
			930 (95)	1175 (120)	7	40	(5)	(4)	-
Лист толстый от 5 до 20 мм	ТУ 14-1-4300-87 гарантируются неметаллические включения	Отжиг	не более 1030 (105)	-	13	-	-	-	не более 321
		Закалка 960-980 °С, воздух, отпуск 300-350 °С	На поперечных образцах						
			1230 (125)	980 (100)	8	-	78 (8)	39 (4)	-
Поковки Ø от 225 до 250мм, 1000мм	ТУ 14-1-3018-80 гарантируются неметаллические включения, УЗК	Отжиг	Свойства на образцах по ТУ 14-1-463-72						

Таблица 10.9.3 - Механические свойства (по СТ ЦКБА 010-2004)

Диаметр (толщина) заготовки, мм	Механические свойства при 20 °С						Твердость, НВ
	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм$^{2)}$	δ_5, %	ψ, %	KCU, кДж/м^2 (кгс·м/см^2)	HRC	
	не менее						
До 60	980 (100)	804 (82)	8	45	588 (6)	30-36	От 277 до 330
	1176 (120)	882 (90)		40	588 (6)	39-42,5	От 345 до 388

Таблица 10.9.4 – Механические свойства в зависимости от температуры испытания [23]

Сортамент	Показатели	Температура испытания, °С										
		-180	-100	-40	+20	100	200	300	400	500	600	700
Лист 3 мм нормализация 950 °С, отпуск 300 °С	$\sigma_{0,2}$,МПа (кгс/мм^2)	-	-	-	106	-	-	103	94	88	43	19
	$\sigma_в$,МПа (кгс/мм^2)	-	-	-	127	-	-	130	125	103	46	25
	δ, %	-	-	-	9,5	-	-	11	8	6	15	48
Заготовка 120мм, образцы из центра сечения	$\sigma_{0,2}$,МПа (кгс/мм^2)	115	95	94	85	85	83	80	73	66	-	-
	$\sigma_в$,МПа (кгс/мм^2)	150	120	100	100	94	88	84	79	68	-	-
	δ, %	22	17	15	15	14	12	11	11	13	-	-
	ψ, %	41	45	55	55	60	55	62	60	68	-	-
	KCU, (кгс м/см^2)	2,4	5,2	11,9	13,5	16	17	14,3	15,4	14,6	-	-

Таблица 10.9.5 – Физические свойства стали [23]

Температура t, °С	Коэффициент линейного расширения $\alpha \cdot 10^6$, мм/мм·град	Температура t, °С	Коэффициент линейного расширения $\alpha \cdot 10^6$, мм/мм град	Температура t, °С	Модуль нормальной упругости Е, кгс/мм^2	Плотность, г/см^3
0	11,5	0-450	12,9	-40	20738	7,75
0-20	11,2	0-500	13,1	20	20475	
0-50	11,3	0-550	13,4	100	19875	
0-100	11,4	0-600	13,5	200	19191	
0-150	11,6	0-650	13,7	300	18395	
0-200	11,8	0-700	13,8	400	17358	
0-250	12,0	0-750	13,75	500	16361	
0-300	12,2	0-800	13,42	600	15291	
0-350	12,4	0-850	12,7	700	13633	
0-400	12,7	0-900	12,85	800	12125	

Таблица 10.9.6 – Технологические свойства [8]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, °С	1180
Минимальная температура конца ковки, °С	850
Свариваемость	Сваривается удовлетворительно при толщине листа до 25 мм, термообработка после сварки обязательна
Обрабатываемость резанием	
При отпуске 550 °С сталь склонна к отпускной хрупкости, устраняемой повторным нагревом	

10.10 Сталь марки 25Х17Н2Б-Ш (мартенсито-аустенитного класса)

Таблица 10.10.1 –Химический состав (по ТУ 14-1-1062-74)

В процентах

C	Mn	Si	Cr	Ni	Nb	Fe	S	P	Cu
							не более		
0,22-0,28	0,3-0,7	0,3-0,7	16,3-17,7	2,3-2,8	0,05-0,1	осн	0,015	0,02	0,25

Таблица 10.10.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ (HRC)
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс м/см^2)	
			не менее					
Сортовой прокат Ø до 250 мм, ⌠ до 140 мм	ТУ 14-1-1062-74 Гарантируются неметаллические включения	Отжиг	-	-	-	-	-	не более 302 в поставке
		На образцах						
		Закалка 1100 °С, -70 °С, отпуск 250-320 °С	1450 (150)	1175 (120)	8	45	4	-
Лист толстый от 5 до 14 мм	ТУ 14-1-3572-83 Гарантируются: неметаллические включения, стойкость к МКК	Отжиг	-	-	-	-	-	не более 321
		На образцах						
		Закалка 1090 °С, -70 °С, отпуск 290 °С	1450 (150)	1175 (120)	6	-	-	HRC (44-49,5)

Таблица 10.10.3 - Механические свойства (по СТ ЦКБА 010-2004)

Диаметр (толщина) заготовки, мм	Механические свойства при 20 °С					Твердость, HRC	Твердость, НВ
	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, кДж/м^2 (кгс м/см^2)		
	не менее						
До 60	1470 (150)	1176 (120)	8	45	392 (4)	≥44,5	≥415
	980(100)	784(80)	12	50	490(5)	≥31	≥285

Таблица 10.10.4 - Механические свойства при повышенных и отрицательных температурах [27]

Закалка 1020 °С, масло, -70 °С, отпуск 300 °С						Закалка 1100 °С, масло, -70 °С, отпуск 300 °С	
Температура °С	$\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, (кгс·м/см^2)	Температура, °С	KCU, (кгс м/см^2)
20	134	172	15,2	57	10,8	20	11,3, 10,8
100	123,5	167	12,7	60	-	-40	8,1; 8,8
200	123,5	170	11,3	52,5	-	-50	8,1; 8,8
300	125	172	14,7	55	9,6	-60	7,9, 8,4
350	121	162,5	14,3	53,5	3,1	-70	7,1; 7,8
400	116	162	14	55	8,1	-100	6,9, 7,8
Закалка 1100 °С, масло, -70 °С, отпуск 675 °С						-196	1,9, 3,1
350	70	85	12	51	16,8	-253	1,9, 2,4

Таблица 10.10.5 – Коэффициент трения [27]. Коэффициент трения определяется на машине Амслера

Термообработка	Нагрузка, кгс/см^2				Число оборотов до появления задира	Твердость, HRC
	9	15	25	37		
Закалка 1100 °С, вода, отпуск 200 °С, 2 ч, воздух	0,43	0,48	0,45	0,51	4000	43,5
Закалка 1100 °С, вода, -70 °С, отпуск 200 °С, 2 ч, воздух	0,47	0,51	0,46	0,47	5000	54

Таблица 10.10.6 – Коэффициент трения резьбовых пар [27]

Наименование	Коэффициент трения при количестве затяжек									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Болт 25Х17Н2Б-Ш гайка 20Х13	0,19	0,17	0,17	0,17	0,18	0,18	0,18	0,17	0,18	0,17
Болт 1Х16Н4Б * гайка 20Х13	0,33	0,43	0,49	0,5	0,52	0,53	0,53	0,57	0,57	0,63
Болт 25Х17Н2Б-Ш гайка ЭИ 654	0,25	0,26	0,26	0,27	0,28	0,27	0,27	0,28	0,27	0,28
Болт 1Х16Н4Б гайка ЭИ 654	0,34	0,33	0,34	0,36	0,36	0,37	0,37	0,38	0,37	0,38
Болт 25Х17Н2Б-Ш гайка 1Х21Н5Т	0,21	0,22	0,21	0,22	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,25
Болт 1Х16Н4Б* гайка 1Х21Н5Т	0,48	0,56	0,63	0 63	0,61	0,61	0,58	0,59	0,58	0,58
Болт ЭИ 654 гайка 1Х21Н5Т	0,72	0,66	0,63	0,63	0,65	0,64	0,66	0,64	0,6	0,6
Болт 25Х17Н2Б-Ш гайка 1Х21Н5Т	0,24	0,24	0,25	0,24	0,24	0,25	0,24	0,24	0,24	0,24
Болт Х18Н10Т * гайка Х18Н10Т	0,61	0 63	0,65	0,7	0,66	0,65	0,61	0,63	0,61	0,67

Примечание – Болты из стали 25Х17Н2Б-Ш термообработаны до HRC = 47
* Имело место схватывание трущихся пар

Таблица 10.10.7 – Физические свойства стали

Коэффициент линейного расширения $\alpha \cdot 10^6$ мм/мм·град, при температуре, °С								
20-100	20-200	20-300	20-400	20-500	20-600	20-700	20-800	20-900
11,3	11,9	12,2	12,6	12,7	12,4	11,0	10,6	11,5

Модуль нормальной упругости Е и сдвига G [19]							
Температура, °С	20	100	200	300	400	500	600	700
Е 10^6, кгс/мм^2	22200	21600	21000	20300	19500	18600	17600	16600
G, кгс/мм^2	8800	8500	8300	7900	7500	7100	6800	6400

Таблица 10.10.8 – Технологические свойства

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, °С	1150
Минимальная температура конца ковки, °С	900
Свариваемость	Удовлетворительно сваривается аргоно-дуговой сваркой в т ч со сталями 12Х18Н10Т, ЭИ 654, термообработка после сварки обязательна. Для сварки прочно-плотных швов не рекомендуется

10.11 Сталь марки 08Х22Н6Т (ЭП 53) (аустенито-ферритного класса)

Таблица 10.11.1 – Химический состав (по ГОСТ 5632-72)

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	Fe	S	P
не более							не более	
0,08	0,8	0,8	16,0-18,0	21,0-23,0	5·C – 0,65	осн	0,025	0,035

Таблица 10.11.2- Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость НВ, не более
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс м/см^2)	
			не менее					
Сортовой прокат Ø, ⌶ до 200 мм, калиброванный прокат Ø, ⌶ до 70 мм, полоса, прокат со специальной отделкой поверхности	ГОСТ 5949-75	Без термообработки	-	-	-	-	-	-
		Закалка 950-1050 °С, воздух, вода	Диаметр (толщина) заготовки до 60мм					
			590 (60)	345 (35)	20	45	-	-
Калиброванный прокат Ø, ⌶, шестигранник до 70 мм	ГОСТ 1051-73	Нагартованный термообработанный	-	-	-	-	-	Нормы твердости по соглашению сторон
Поковки Ø (толщиной) до 1000 мм	ГОСТ 25054-81	Закалка 1000-1150 °С, вода	539 (55)	343 (35)	18-20	35-40	39 (4)-78 (8)	140-200
Трубы бесшовные * Ø 57-325 мм	ГОСТ 9940-81 ρ = 7,6 г/см^3	В поставке	588 (60)	-	24	-	-	-
Трубы бесшовные* Ø 5-273мм	ГОСТ 9941-81 ρ = 7,6 г/см^3	Термообработанные	588 (60)	-	20	-	-	-
Лист толстый от 4 до 50 мм	ГОСТ 7350-77 гарантируется стойкость к МКК	Закалка 1000-1050 °С, вода	Для листов ≤ 25 мм					
			590 (60)	345 (35)	18	-	59 (6)	-
		Нагартованные и полунагартованные	Свойства не нормируются, но определяются обязательно Нормы – по соглашению сторон.					
Лист тонкий 0,7 -3,9 мм	ГОСТ 5582-75 Гарантируется стойкость к МКК	Закалка 950-1050 °С, вода, воздух	640 (65)	-	20	-	-	-

* Трубы бесшовные поставляются также по ТУ 14-3-59-72

Таблица 10.11.3 - Механические свойства (по СТ ЦКБА 010-2004)

Диаметр (толщина) заготовки, мм	Механические свойства при 20 °С				Твердость, НВ
	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	
	не менее				
До 60	539 (60)	345 (35)	20	45	От 140 до 200

Таблица 10.11.4 – Расчетные механические свойства при высоких температурах [14]

Температура испытания, °С	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/см^2)	$\sigma_в$, МПа (кгс/см^2)
20	350 (3500)	600 (6000)
100	300 (3000)	583 (5830)
150	290 (2900)	550 (5500)
200	283 (2830)	515 (5150)
250	250 (2500)	503 (5030)
300	240 (2400)	500 (5000)

Таблица 10.11.5 – Механические свойства в зависимости от тепловой выдержки [8]

Режим термообработки	Тепловая выдержка		$\sigma_{0,2}$	$\sigma_в$	δ_5	ψ	KCU, Дж/см^2
	Температура, °С	Время, ч	МПа		%		
Закалка 1100 °С, выдержка 30 мин	Исходное состояние		460	620	46	65	280-300
	300	1000	490	650	41	70	190-200
	300	4466	520	710	44	73	100
	350	1000	540	650	39	74	8-9
	400	1000	740	920	21	29	3-5
	400	4352	880	1040	11	9	1-3

Таблица 10.11.6 – Ударная вязкость листа толщиной 8 мм (KCU, Дж/см^2) [8]

Температура, °С					Термообработка
+20	-20	-40	-60	-193	
131	22-120	9-116	5-136	34	980 °С, 30 мин, воздух

Таблица 10.11.7 – Физические свойства [14]

Коэффициент линейного расширения		Модуль нормальной упругости		Плотность,
t, °С	$\alpha \cdot 10^6$, $°C^{-1}$	t, °С	$10^{-5} \cdot E$, МПа ($10^{-6} \cdot E$, кгс/см^2)	г/см^3
20-100	9,6	20	2,00	7,8
20-200	13,8	100	2,00	
20-300	16,0	150	1,89	
20-400	16,0	200	1,97	
20-500	16,5	250	1,94	
		300	1,90	
		350	1,85	
		400	1,80	

Таблица 10.11.8 – Технологические свойства [8]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, °С	1150
Минимальная температура конца ковки, °С	850
Свариваемость	Без ограничений
Обрабатываемость резанием	Плохая (как у 12Х18Н9Т)

10.12 Сталь марки 08Х21Н6М2Т (ЭИ 54) (аустенито-ферритного класса)

Таблица 10.12.1 – Химический состав (по ГОСТ 5632-72)

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	Mo	Fe	S	P
не более								не более	
0,08	0,8	0,8	20,0-22,0	5,5-6,5	0,2-0,4	1,8-2,5	осн	0,025	0,035

Таблица 10.12.2- Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс м/см^2)	
			не менее					
Сортовой прокат Ø, ⌶ до 200 мм, калиброванный прокат до 70 мм, со специальной отделкой поверхности, полоса	ГОСТ 5949-75	Без термообработки	-	-	-	-	-	-
		Закалка 950-1050 °С, воздух	На образцах					
			590 (60)	345 (35)	25	45	-	-
Калиброванный прокат круглого, квадратного профиля размером до 70 мм	ГОСТ 1051-73	Нагартованный термообработанный	-	-	-	-	-	Нормы твердости по соглашению сторон
Лист толстый от 4 до 50 мм	ГОСТ 7350-77 гарантируется стойкость к МКК	Закалка 1050 ± 25 °С, вода	Для листов ≤ 25 мм включ.					
			590 (60)	345 (35)	20	-	59 (6)	-
		Нагартованные и полунагартованные	Свойства не нормируются, но определяются. Нормы – по соглашению сторон					
Лист тонкий 0,7 -3,9 мм	ГОСТ 5582-75 Гарантируется стойкость к МКК	Закалка 1000-1080 °С, вода, воздух	590 (60)	-	22	-	-	-
		Нагартованные и полунагартованные	Свойства не нормируются, но определяются Нормы – по соглашению сторон					
Поковки до 1000 мм	ГОСТ 25054-81	Закалка 1000-1050 °С, вода	539 (55)	343 (35)	18-22	35-40	39 (4)-78 (8)	140-200
Трубы бесшовные Размеры по ГОСТ 9940-81, 9941	ТУ 14-3-59-72	Закалка 1000-1100 °С, вода, воздух	590 (60)	-	20	-	-	-

Таблица 10.12.3 - Механические свойства (по СТ ЦКБА 010-2004)

Диаметр (толщина) заготовки, мм	Механические свойства при 20 °С				Твердость, НВ
	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	
	не менее				
До 60	637 (65)	343 (35)	20	40	От 140 до 200

Таблица 10.12.4 – Расчетные механические свойства при высоких температурах [14]

Характеристика	Температура, °С					
	20	100	150	200	250	300
$\sigma_в$, МПа (кгс/см^2)	600 (6000)	583 (5830)	550 (5500)	515 (5150)	503 (5030)	500 (5000)
$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/см^2)	350 (3500)	300 (3000)	290 (2900)	283 (2830)	250 (2500)	240 (2400)

Таблица 10.12.5 – Ударная вязкость листа толщиной 8 мм (KCU, кгс м/см^2)

Температура, °С					Термообработка
20	0	-20	-40	-60	
13,1	14,4	13,2	13,6	12,0	1000 °С, 30 мин, воздух

Таблица 10.12.6– Физические свойства [14]

Коэффициент линейного расширения		Модуль нормальной упругости		Плотность, г/см^3
t, °С	α 10^6, °С$^{-1}$	t, °С	10^{-5} Е, МПа (10^{-6} Е, кгс/см^2)	
20-100	9,6	20	2,00	7,7
20-200	13,8	100	2,00	
20-300	16,0	150	1,99	
20-400	16,0	200	1,97	
20-500	16,5	250	1,94	
		300	1,90	
		350	1,85	
		400	1,80	

Таблица 10.12.7 – Технологические свойства [8]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, °С	1150
Минимальная температура конца ковки, °С	850
Свариваемость	Без ограничений
Обрабатываемость резанием	Плохая (как у 10Х17Н13М2Т)

10.13 Сталь марки 03Х17Н14М3 (ЭИ 66) (аустенитного класса)

Таблица 10.13.1 – Химический состав (по ГОСТ 5632-72)

В процентах

C	Si	S	P	Mn	Cr	Ni	Mo	Fe
не более								
0,03	0,4	0,02	0,035	1,0-2,0	16,0-18,0	13,0-15,0	2,5-3,1	осн

Таблица 10.13.2- Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С				Твердость, НВ
			$\sigma_в$ Н/мм² (кгс/мм²)	$\sigma_т$ Н/мм² (кгс/мм²)	δ_5, %	ψ, %	
			не менее				
Поковки Ø (толщиной) до 1000 мм	ГОСТ 25054-81	Закалка 1050-1100 °С, вода	470 (48)	176 (18)	30-40	40-50	не более 179
Лист тонкий 0,7 -3,9 мм	ГОСТ 5582-75 Гарантируется стойкость к МКК	Закалка 1030-1070 °С, вода, воздух	490 (50)	196 (20)	40	-	-
		Нагартованные и полунагартованные	Свойства не нормируются, но определяются Нормы – по соглашению сторон				
Сортовой прокат Ø, [1] до 200 мм, калиброванный прокат до 70 мм, прокат со специальной отделкой поверхности, полоса *	ГОСТ 5949-75	Без термообработки	Свойства на образцах (закалка 1070-1100 °С, вода)				
			490 (50)	196 (20)	40	-	-
Лист толстый от 4 до 50 мм	ГОСТ 7350-77 гарантируется стойкость к МКК	Закалка 1080-1100 °С, вода, воздух	490 (50)	196 (20)	40	-	-
Калиброванный прокат круглого, квадратного профиля размером до 70 мм	ГОСТ 1051-73	Нагартованный термообработанный	-	-	-	-	Нормы твердости по соглашению сторон

* Сортовой прокат появляется также по ТУ 14-1-3303-82, лист (4-11 мм) по ТУ 14-1-1541-75

Таблица 10.13.3 – Расчетные механические свойства при высоких температурах* [14]

Характеристика	Температура, °С											
	20	100	150	200	250	300	350	400	420	430	440	450
$\sigma_в$, МПа (кгс/см^2)	500 (5000)	474 (4740)	453 (4530)	432 (4320)	412 (4120)	392 (3920)	376 (3760)	360 (3600)	356 (3560)	354 (3540)	352 (3520)	350 (3500)
$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/см^2)	200 (2000)	180 (1800)	165 (1650)	150 (1500)	140 (1400)	126 (1260)	115 (1150)	100 (1000)	97,5 (975)	97 (970)	96 (960)	95 (950)
* Для поковок пределы текучести, приведенные в таблице, умножаются на 0,9												

Таблица 10.13.4 – Механические свойства при низких температурах [12]
(Закалка 1100 °С, вода, лист 6 мм)

Температура, °С	$\sigma_{0,2}$, МПа	$\sigma_в$, МПа	δ_5, %
-196	1100	600	60
-100	800	380	70
-50	700	320	65
0	620	260	60

Таблица 10.13.5 – Физические свойства [14]

Коэффициент линейного расширения		Модуль нормальной упругости		Плотность, кг/м^3
t, °С	$\alpha \cdot 10^6$, °С$^{-1}$	t, °С	$10^{-5} \cdot E$, МПа ($10^{-6} \cdot E$, кгс/см^2)	
20-100	16,6	20	2,00	7750
20-200	17,0	100	2,00	
20-300	18,0	150	1,99	
20-400	18,0	200	1,97	
20-500	18,0	250	1,94	
		300	1,90	
		350	1,85	
		400	1,80	
		450	1,74	
		500	1,67	

Таблица 10.13.6– Технологические свойства [12]

Горячая пластическая деформация	1150-900 °С
Свариваемость	Свариваемость хорошая

10.14 Сталь марки 03Х22Н6М2 (ЭИ 67) (аустенито-ферритного класса)

Таблица 10.14.1 - Химический состав (по ТУ 14-1-1554-75)

В процентах

C	Si	S	P	Cu	Mn	Cr	Ni	Mo	Fe
не более									
0,03	0,4	0,02	0,035	0,3	1,0-2,0	21,0-23,0	5,5-6,5	1,8-2,5	Осн

Таблица 10.14.2 - Сортамент, НТД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НТД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С			
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	KCU, Дж/см^2 (кгс·м/см^2)
			не менее			
Сортовой прокат Ø до 200 мм	ТУ 14-1-1554-75	Без термообработки	Свойства на образцах (1000 °С, вода)			
			510 (52)	294 (30)	25	-
Лист от 4 до 11 мм	ТУ 14-1-5141-73 гарантируется стойкость к МКК	Закалка 1000 °С, вода	510 (52)	294 (30)	25	-
Лист от 6 до 20 мм	ТУ 14-1-2864-80	Закалка 1050 °С, вода	510 (52)	294 (30)	25	59 (6)
Лист тонкий от 0,8 до 3,6 мм	ТУ 14-1-1905-76	Закалка 1000 °С, вода	539 (55)	294 (30)	25	-

Таблица 10.14.3 - Механические свойства при низких и повышенных температурах* [12]

Температура t, °С	$\sigma_в$, МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ_5, %	ψ, %
-100	1300	600	40	-
-70	1050	550	40	-
0	750	450	60	70
20	570	350	30	68
200	550	300	35	65
400	450	100	41	68
600	400	120	38	68
*Лист 8 мм, термообработка 1050 °С, вода.				

Таблица 10.14.4 – Физические свойства [12]

Температура t, °С	Коэффициент линейного расширения α 10^{-6}, мм/мм·град	Температура t, °С	Модуль нормальной упругости Е 10^{-4}, МПа	Плотность, г/см^3
20-100	9,5	20	20,0	7,7
20-200	13,8	300	18,0	
20-300	16,6	-	-	

Таблица 10.14.5 – Технологические свойства [12]

Горячая пластическая деформация в интервале температур	1280-1100 °С
Свариваемость	Свариваемость хорошая всеми видами ручной сварки

10.15 Сталь марки 10Х14Г14Н4Т (ЭИ 711) (аустенитного класса)

Таблица 10.15.1 – Химический состав (по ГОСТ 5632-72)

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Ni	Fe	S	P	Ti
не более						не более		
0,1	0,8	13,0-15,0	13,0-15,0	2,8-4,5	осн	0,02	0,035	5·(C-0,02)-0,6

Таблица 10.15.2- Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С				Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	
			не менее				
Сортовой прокат Ø, ⌂ до 200 мм, калиброванный прокат до 70 мм, полоса, прокат со специальной отделкой поверхности	ГОСТ 5949-75	Без термообработки	-	-	-	-	-
		Закалка 1000-1080 °С, воздух, масло или вода	Ø до 60мм				
			640 (65)	245 (25)	35	50	-
Калиброванный прокат Ø, ⌂ до 70 мм	ГОСТ 1051-73	Нагартованный термообработанный	-	-	-	-	Нормы твердости по соглашению сторон
Поковки диаметром (толщиной) до 1000 мм	ГОСТ 25054-81	Закалка 1000-1080 °С, вода	637 (65)	245 (25)	-	-	-
Лист толстый от 4 до 50 мм	ГОСТ 7350-77 гарантируется стойкость к МКК	Закалка 1050-1080 °С, вода, воздух	590 (60)	245 (25)	40	-	-
Лист тонкий от 0,7 до 3,9 мм	ГОСТ 5582-75 Гарантируется стойкость к МКК	Закалка 1050-1080 °С, вода	686 (70)	(30)	35	-	-
Трубы размеры по ГОСТ 9940-81, ГОСТ 9941-81	ТУ 14-3-59-72	Закалка 1000-1100 °С, вода, воздух	590 (60)	-	35	-	-

Таблица 10.15.3 - Механические свойства (по СТ ЦКБА 010-2004)

Диаметр (толщина) заготовки, мм	Механические свойства при 20 °С				Твердость, НВ
	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	
	не менее				
До 60	637 (65)	245 (25)	35	50	От 121 до 179

Таблица 10.15.4 – Механические свойства при повышенных температурах [8, 11]

Температура испытания, °С	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_в$	δ_5	ψ	KCU_2 Дж/см^2
	МПа		%		
	Лист толщиной 12 мм (закалка 1050 °С, вода)				
20	270	730	52	72	250
400	130	460	53	67	-
500	110	390	38	63	-
600	90	270	39	62	-
700	80	220	48	63	-
	Пруток (закалка 1050 °С, вода)				
100	490	200	59	78	≥3800
200	420	180	45	76	
300	410	150	43	75	
400	410	150	41	75	
500	390	140	40	74	
600	330	120	35	74	
700	350	110	38	60	

Таблица 10.15.5 – Механические свойства при испытании на длительную прочность [8]

$\sigma_{пол}$, МПа	Скорость ползучести, %/ч	Температура испытания, °С	$\sigma_{д.п}$, МПа	Длительность испытания, ч	Температура испытания, °С
160	1/1 000	600	265-274	100	600
50	1/1 000	700	176-196	1 000	600
100	1/10 000	600	147-167	100	700
28	1/10 000	700	88-108	1 000	700

Таблица 10.15.6 – Механические свойства при высоких температурах, минимальные значения (лист толщиной 6, 8, 20 мм, 3 плавки, образцы поперечные) [26]

Температура испытания, °С	$\sigma_в$	$\sigma_{0,2}$	δ	ψ
	МПа		%	
20	600	250	51,5	70,2
100	535	230	48,5	71,8
150	498	219	40	72
200	458	206	35	71,8
250	432	195	32,4	70,5

Окончание таблицы 10.15.6

Температура испытания, °С	$\sigma_в$	$\sigma_{0,2}$	δ	ψ
	МПа		%	
300	424	185	30,5	69
350	415	177,5	30	67
400	405	170	30,2	66
450	385	162,5	30	66
500	375	160	28,8	67

Таблица 10.15.7 – Предел длительной прочности (15-20 образцов каждой из 3-х плавок)

Температура, °С	$\sigma_{дл}$, МПа			
	100 ч	1 000 ч	10 000 ч	100 000 ч*
400	390	390	385	380
600	275	220	165	110
* Экстраполированные значения				

Таблица 10.15.8 – Ударная вязкость KCU, Дж/см^2 [8]

Температура, °С		Термообработка
-60	-100	
343	314	Закалка 1050 °С, вода

Таблица 10.15.9 – Физические свойства [26]

Температура, °С	20	100	200	300	400
E, МПа	205 10^4	176 10^4	164 · 10^4	148 10^4	134 · 10^4

Таблица 10.15.10 – Технологические свойства [8]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, °С	1150
Минимальная температура конца ковки, °С	850
Свариваемость	Сваривается без ограничения
Обрабатываемость резанием	-

10.16 Сталь марки 15Х18Н12С4ТЮ (ЭИ 654), 15Х18Н12С4ТЮ-Ш (ЭИ 654-Ш) (аустенито-ферритного класса)

Таблица 10.16.1 – Химический состав (по ГОСТ 5632-72)

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	Al	Fe	S	P
								не более	
0,12-0,17	3,8-4,5	0,5-1,0	17,0-19,0	11,0-13,0	0,4-0,7	0,13-0,35	Осн	0,03	0,035

Таблица 10.16.2- Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс м /см^2)	
			не менее					
Сортовой прокат Ø, ⌶, до 200 мм; калиброванный прокат до 70 мм, в т.ч. шестигранник, прокат со специальной отделкой поверхности, полоса	ГОСТ 5949-75	Без термообработки	-	-	-	-	-	-
		Закалка 950-1050°С, вода	Диаметр (толщина) заготовки до 60мм					
			720 (73)	375 (38)	25	40	78 (8)	-
Калиброванный прокат Ø, ⌶, шестигранник до 70 мм	ГОСТ 1051-73	Нагартованный термообработанный	-	-	-	-	-	Нормы твердости по соглашению сторон
Лист толстый от 4 до 50 мм	ГОСТ 7350-77	Закалка 1020-1050 °С, вода, воздух	690-930 (70-95)	345 (35)	30	-	-	-
			Для листов более 25 мм свойства определяются, но не нормируются					
		Нагартованные и полунагартованные	Свойства не нормируются, но определяются обязательно. Нормы – по соглашению сторон					
Лист тонкий от 0,7 до 3,9 мм	ГОСТ 5582-75	Закалка 1020-1050 °С, вода	540 (55)	-	35	-	-	-
		Нагартованная	880 (90)	685 (70)	10	-	-	-
Лента холоднокатаная от 0,05 до 2,0 мм	ГОСТ 4986-79	Закалка 1020-1050 °С, вода	690 (70)	-	25	-	-	-
		Нагартованная	830-1080 (85-110)	-	δ_4 5-10	-	-	-

Окончание таблицы 10.16.2

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
			$\sigma_в$ Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$ Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс м/см^2)	
			не менее					
Поковки Ø (толщиной) до 1000мм	ГОСТ 25054-81	Закалка 950 °С, вода	715 (73)	382 (39)	-	-	-	-
Прутки из ЭИ 654-Ш, ЭИ 654 Ø, до 180 мм	ТУ 14-1-561--73	Без термообработки	На образцах (закалка 950 °С, вода)					
			715 (73)	382 (39)	25	40	78 (8) – продольные 34 (3,5) - поперечные	
Прутки из ЭИ 654-Ш Ø, до 180 мм	ТУ 14-1-915--74 Гарантируются неметаллические вкл	Без термообработки	На образцах (закалка 950-1050 °С, вода)					
			(73)	(38)	25	40	(8) – продольные (3,5) - поперечные	
Трубы бесшовные Ø от 6 до 89 мм	ТУ 14-3-310--74	Без термообработки	(73)	-	25	-	-	-

Таблица 10.16.3 – Механические свойства (по СТ ЦКБА 010-2004)

Диаметр (толщина) заготовки, мм	Механические свойства при 20 °С				KCU, Дж/см^2 (кгс м/см^2)
	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	
	не менее				
До 60	715 (73)	372 (38)	25	40	78,4 (8)

Таблица 10.16.4 – Расчетные механические свойства при высоких температурах [13]

Температура, °С	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/см^2)	$\sigma_в$, МПа (кгс/см^2)
20	350 (3500)	700 (7000)
100	330 (3300)	640 (6400)
150	310 (3100)	610 (6100)
200	300 (3000)	580 (5800)
250	280 (2800)	570 (5700)
300	270 (2700)	570 (5700)

Таблица 10.16.5 - Коэффициент линейного расширения α 10^6, мм/мм град, при температуре, °С

Температура, °С	20-100	100-200	200-300	300-400	20-200	20-300
α 10^6, мм/мм град	16,31	16,51	18,51	19,57	16,4	17,1

Т а б л и ц а 10.16.6 –Технологические свойства [25]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, ^{O}C	1180
Минимальная температура конца ковки, ^{O}C	800
Свариваемость	Удовлетворительная
Обрабатываемость резанием	Плохая
Плотность, г/см^{3}	7,5

10.17 Сталь марки 07Х21Г7АН5 (ЭП 222), 07Х21Г7АН5 – Ш (ЭП 222-Ш) (аустенитного класса)

Таблица 10.17.1 - Химический состав (по ГОСТ 5632-72)

В процентах

C	Si	S	P	Mn	Cr	Ni	N	Fe
не более								
0,07	0,7	0,03	0,03	6,0-7,5	19,5-21,0	5,0-6,0	0,15-0,25	Осн

Таблица 10.17.2 - Сортамент, НТД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НТД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU Дж/см^2 (кгс м/см^2)	
			не менее					
Сортовой прокат Ø, ↑ до 200 мм, калиброванный Ø, ↑ до 70 мм	ГОСТ 5949-75	Без термообработки	-	-	-	-	-	-
		Закалка 1000-1050 °С, воздух, вода	Диаметр (толщина) до 60 мм					-
			690 (70)	365 (37)	40	50	127 (13)	
Калиброванный прокат Ø, ↑ до 70 мм	ГОСТ 1051-73	Нагартованный, термообработанный	-	-	-	-	-	Нормы твердости по соглашению сторон
Сортовой прокат ЭП 222 Ø от 10 до 180 мм	ТУ 14-1--1141-74	Без термообработки	На образцах (закалка 1000-1050 °С, воздух, вода)					-
			690 (70)	365 (37)	40	50	127 (13)	
Сортовой прокат ЭП 222-Ш Ø от 10 до 180 мм	ТУ 14-1--952-74 Контроль неметаллических включений	Без термообработки	На образцах (закалка 1000-1050 °С, воздух, вода)					-
			617 (63)	333 (34)	40	50	127 (13)	
Лист от 0,7 до 6 мм	ТУ 14-1--2476-87	Закалка 1020-1050 °С, воздух, вода	735 (75)	392 (40)	25	-	-	-
Лист от 5 до 15 мм	ТУ 14-1--2455-78	Закалка 1050 °С, водяной душ*	До 11 мм включ					-
			690 (70)	392 (40)	25	-	-	
* Лист св 11 мм поставляется без термообработки								

Таблица 10.17.3 – Механические свойства стали (по СТ ЦКБА 010-2004)

Диаметр (толщина) заготовки, мм	Механические свойства при 20 °С				
	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, кДж/м^2 (кгс м/см^2)
	не менее				
До 60	686 (70)	363 (37)	40	50	1274 (13)

Таблица 10.17.4 - Механические свойства стали при повышенных температурах [28]
(лист 12 мм, закалка 1050 °С, вода, образцы продольные)

Температура t, °С	$\sigma_в$, МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ_5, %	ψ, %	KCU, МДж/м^2
20	760	390	61	80	3,30
100	700	300	73	50	
200	680	300	50	73	
300	650	250	50	75	
400	600	240	50	73	
500	530	220	47	72	3,0

Таблица 10.17.5 - Механические свойства при температуре от 20 до – 253 °С [28]
(лист 12 мм, закалка 1050 °С, воздух)

Температура t, °С	$\sigma_в$, МПа	$\sigma_{0\,2}$, МПа	$\sigma_в^н$, МПа	δ_5, %	ψ, %	KCU, МДж/м^2	KCV, МДж/м^2	KCT, МДж/м^2
20	760	420	630	59	60	1,5	1,40	1,2
- 70	880	635	805	-	-	-	-	-
- 196	1300	1000	1140	48	34	1,4	1,20	0,9
- 253	1530	1240	800	12	10	1,2	0,95	0,8

Таблица 10.17.6 – Физические свойства [12]

Температура t, °С	Модуль нормальной упругости E 10^4, МПа	Температура t, °С	Коэффициент линейного расширения α 10^{-6}, 1/°С	Плотность, г/см^3
- 253	22,3	-253-20	9,3	7,7
- 196	21,1	-196-20	11,5	
20	21,3	-100-20	14,6	
100	20,0	-50-20	15,1	
200	19,3	20-100	15,7	
300	18,9	20-200	16,0	
400	18,3	20-300	16,8	
500	16,8	20-400	17,3	
-	-	20-500	18,0	
Примечание - Термообработка закалка 1050 °С, вода				

Таблица 10.17.7 – Технологические свойства [22]

Горячая пластическая деформация в интервале температур	1120-850 °С
Свариваемость	Удовлетворительная Для толщины стенки до 5 мм рекомендуется аргоно-дуговая сварка
Обрабатываемость резанием	Удовлетворительная

10.18 Сталь марки 03Х20Н16АГ6-Ш (аустенитного класса)

Таблица 10.18.1 - Химический состав (по ТУ 14-1-2922-80)

В процентах

C	Si	S	P	Al	Mn	Cr	Ni	N	Fe
не более									
0,025	0,4	0,02	0,025	0,04	5,0-7,0	20,0-22,0	15,0-16,5	0,2-0,28	Осн

Таблица 10.18.2 - Сортамент, НТД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НТД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С			
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	KCU, при –196 °С, Дж/см^2 (кгс·м/см^2)
			не менее			
Сортовой прокат Ø от 30 до 180 мм	ТУ 14-1-2922-80	Без термо-обработки	Свойства после закалки 1050 °С, вода или воздух			
			Ø до 50 мм			
			(67)	(37)	30	(12)
			Ø более 50 мм			
			(65)	(35)	30	(12)
Лист от 8 до 20 мм	ТУ 14-1-3291-81	Закалка	(67)	(37)	30	(12)

Таблица 10.18.3 – Механические свойства (по СТ ЦКБА 010-2004)

Диаметр (толщина) заготовки, мм	Механические свойства при 20 °С			
	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	δ_5, %	KCU при –196 °С, кДж/м^2 (кгс·м/см^2)
	не менее			
До 60	637 (65)	343 (35)	30	1176 (12)

Таблица 10.18.4 - Механические свойства при температурах от 20 до –269 °С (прутки Ø 16 мм, закалка 1000 °С, вода) [28]

Температура t, °С	$\sigma_в$, МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	$\sigma_в^н$, МПа	$\sigma_в^{тр}$, МПа	$\frac{\sigma_{тр}}{\sigma_в}$	δ_5, %	ψ, %	KCU, МДж/м^2	KCV, МДж/м^2	KCT, МДж/м^2
20	780	410	1280	670	0,86	52	75	2,20	1,6	1,4
-196	1550	900	2000	1250	0,81	48	44	1,20	1,0	1,0
-253	1930	1360	2700	1290	0,67	31	27	1,00	0,9	0,8
-269	1500	1000	-	-	-	25	21	0,80	-	-

Примечание - При температуре -269°С K_{1C}=160 МН/м$^{3/2}$

Таблица 10.18.5 - Относительное изменение механических свойств в зависимости от температуры (лист 12 мм)* [29]

Температура t, °С	$\sigma_в^н$, МПа	$\sigma_в$, МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ, %	ψ, %	ψн, %	$\frac{\sigma_в^н}{\sigma_в}$	KCU, Дж/см^2
20	1020	700	380	60	75	44	1,46	150
- 196	1800	1270	800	32	45	16	1,43	120
- 253	-	1470	950	30	35	-	-	100
- 269	-	1500	1000	25	27	-	-	80

* $\sigma_{1,0}$ = 392 МПа (40 кгс/мм^2) при 20 °С

$\sigma_{-1н}$ = 310 МПа (при 20 °С), $\sigma_{-1н}$ = 590 МПа (при –196 °С)

Таблица 10.18.6 – Физические свойства [29]

Температура t, °С	Коэффициент линейного расширения $\alpha \cdot 10^6$, 1/К	Температура t, °С	Коэффициент линейного расширения $\alpha \cdot 10^6$, мм/мм град	Температура t, °С	Модуль нормальной упругости $E \cdot 10^4$, МПа	Плотность, г/см^3
27	16,10	20-100	15,75	20	19,6	7,8
0	15,64	20-200	16,25	- 73	20,4	
- 73	13,91	20-300	17,85	- 196	21,1	
- 196	5,73	20-400	18,00	- 253	20,9	
- 253	0,06	20-500	17,65	-	-	
- 269	0,01	20-600	18,20	-	-	

Таблица 10.18.7 – Технологические свойства

Горячая пластическая деформация в интервале температур	1200-900 °С
Свариваемость	Без ограничений

10.19 Сталь марки Х32Н8 (ЭП 263), Х32Н8-ВД (ЭП 263-ВД), Х32Н8-Ш (ЭП 263-Ш) (аустенито-ферритного класса)

Таблица 10.19.1 - Химический состав стали (по ТУ 14-1-88-79)

В процентах

C	Si	Mn	Al	S	P	Cr	Ni	Fe
не более								
0,1	0,6	0,6	0,15	0,02	0,35	30,0-33,0	7,0-9,0	Осн.

Таблица 10.19.1 - Сортамент, НТД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НТД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс·м/см^2)	
			не менее					
Сортовой прокат всех марок Ø до 150 мм, шлифованный марок Х32Н8-ВД и Х32Н8-Ш Ø от 5,5 до 20 мм	ТУ 14-1-88-79	1000–1100 °С, вода, воздух	На образцах (закалка +250-380 °С, 2-4 ч)					
			(65)	(50)	15	45	(8)	не более 277

Таблица 10.19.3 - Механические свойства (по СТ ЦКБА 010-2004)

Режим термообработки	Диаметр (толщина) заготовки, мм	Механические свойства при 20 °С					Твердость, HRC
		$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, кДж/м^2 (кгс м/см^2)	
		не менее					
Закалка 1080-1120 °С, вода, отпуск 270-300 °С, 2-3 ч	До 60	637 (65)	490 (50)	20	45	784 (8)	До 26 включ
Закалка 1080-1120 °С, вода, отпуск 450-500 °С, 8-15 ч		931-1225 (95-125)	784-1078 (80-110)	10	-	98 (1)	32-39
Закалка 1080-1120 °С, вода, отпуск 450-500 °С, 2-4 ч		633-931 (85-95)	686-784 (70-80)	15	-	392 (4)	26-32

Таблица 10.19.4 - Механические свойства при повышенных температурах [33]

Температура t, °С	$\sigma_т$, кгс/мм^2	$\sigma_в$, кгс/мм^2	δ, %	KCU, кгс·м/см^2
Закалка 1070 °, отпуск 270 °С, 2 ч				
20	62,0-67,0	73,0-77,0	23,3-24,0	8,3-11,5
100	53,4-57,0	65,0-67,0	21,0-24,0	15,3-16,0
200	46,0-47,5	60,6-63,0	20,0-22,7	13,5-13,9
300	44,0-45,5	64,5-65,4	19,3-24,7	15,3-17,5
350	44,3-47,5	65,0-68,0	18,7-20,7	-
400	44,0-49,0	64,5-67,0	17,3-23,5	15,3-17,6
450	47,5-49,5	66 0-70 0	16,3-19 3	10,0-10,6
Закалка 1070 °, отпуск 500 °С, 10 ч				
20	94,0-95,0	103,0-108,0	14,7-17,3	0,6-0,9
100	81,0-84,5	94,0-99,5	17,4-17,7	-
200	75,0-81,5	84,0-92,5	13,4-16,0	-
300	70,0-72,5	85,0-86,0	10,3-10 7	-
400	71,5-73,5	83,0-87,5	11,0-11,7	-

Таблица 10.19.5 – Физические свойства [33]

Температура t, °С	Коэффициент линейного расширения $\alpha \cdot 10^{-6}$, мм/мм·град	Температура t, °С	Модуль нормальной упругости E, кгс/мм^2
100	11,5-11,7	200	19900
200	11,7-12,0	100	19500
300	12,3-12,4	200	18400
400	12,6-12,7	300	18000
500	13,0-13,1	400	16900
600	14,0-14,6	500	16200
700	15,2-17,2	600	15200
800	17,3-19,1	700	13200

Таблица 10.19.6 – Технологические свойства [33]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, °С	1000-1150
Минимальная температура конца ковки, °С	850-900
Штампуемость	Удовлетворительно штампуется в горячем и холодном состоянии
Свариваемость	Удовлетворительно сваривается аргоно-дуговой сваркой
Обрабатываемость резанием	Несколько лучше, чем сталь 12Х18Н9Т

10.20 Сплав марки 06ХН28МДТ (ЭИ 943) (аустенитный на железоникелевой основе)

Таблица 10 20 1 – Химический состав (по ГОСТ 5632-72)

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	Mo	Fe	S	P	Cu
не более								не более		
0,06	0,8	0,8	22,0-25,0	26,0-29,0	0,5-0,9	2,5-3,0	осн.	0,02	0,035	2,5-3,5

Таблица 10 20.2- Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С				Твердость, НВ
			$\sigma_в$ Н/мм² (кгс/мм²)	$\sigma_т$ Н/мм² (кгс/мм²)	δ_5, %	ψ, %	
			не менее				
Сортовой прокат Ø, l до 200 мм; калиброванный прокат до 70 мм, прокат со специальной отделкой поверхности, полоса	ГОСТ 5949-75	Без термообработки	-	-	-	-	-
		Закалка 1100-1150 °С, воздух, вода	По согласованию				
Калиброванный Ø, l, шестигранник до 70 мм	ГОСТ 1051-73	Нагартованный термообработанный	-	-	-	-	Нормы твердости по соглашению сторон
Лист толстый от 4 до 50 мм	ГОСТ 7350-77 Гарантируется стойкость к МКК	Закалка 950-1080 °С, вода	540 (55)	215 (22)	35	-	-
		Нагартованные и полунагартованные	Свойства не нормируются, но определяются Нормы – по соглашению сторон.				
Лист тонкий от 0,7 до 3,9 мм	ГОСТ 5582-75 Гарантируется стойкость к МКК	Закалка 930-1080 °С, вода, воздух	540 (55)	-	35	-	-
Лента холоднокатаная от 0,05 до 2,0 мм	ГОСТ 4986-79 Гарантируется стойкость к МКК	Закалка 1020-1050 °С, вода	550 (56)	-	13-25	-	-
Трубы бесшовные* Ø 5-273 мм	ГОСТ 9941-81 Плотность 7,96 г/см³	Термообработанные	490 (50)	-	30	-	-
Поковки Ø (толщиной) до 1000 мм	ГОСТ 25054-81	Закалка 1050-1100 °С, вода, воздух	510 (52)	216 (22)	30-36	30-40	не более 200

* Трубы бесшовные поставляются также по ТУ 14-3-318-75 Ø 89-140 мм

Таблица 10 20 3 – Механические свойства (по СТ ЦКБА 010-2004)

Диаметр (толщина) заготовки, мм	Механические свойства					Твердость, НВ
	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, кДж/м^2 (кгс м/см^2)	
	не менее					
До 60	490 (50)	196 (20)	35	40	980 (10)	не более 200

Таблица 10 20 4 – Расчетные механические свойства при высоких температурах [14]

Характеристика	Температура, °С								
	20	100	150	200	250	300	350	375	400
$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/см^2)	220 (2200)	207 (2070)	195 (1950)	186 (1860)	175 (1750)	165 (1650)	160 (1600)	157,5 (1575)	155 (1550)
$\sigma_в$, МПа (кгс/см^2)	550 (5500)	527,5 (5275)	512,5 (5125)	500 (5000)	490 (4900)	482,5 (4825)	478 (4780)	474 (4740)	470 (4700)

Таблица 10 20 5 – Механические свойства при испытании на длительную прочность и ползучесть [8]

$\sigma_{пол}$, МПа	Скорость ползучести, %/ч	Температура испытания, °С	$\sigma_{длпр}$ МПа	Длительность испытания, ч	Температура испытания, °С
166	1/10 000	650	255-304	10 000	600
127-137	1/100 000		200-255	100 000	
108	1/10 000	700	196	10 000	650
78	1/100 000		157	100 000	
			137	10 000	700
			98	100 000	

Таблица 10 20 6 – Физические свойства [14]

t, °С	Коэффициент линейного расширения α 10^6, °С$^{-1}$	t, °С	Модуль нормальной упругости 10^{-5} Е, МПа (10^{-6} Е, кгс/см^2)	Плотность, г/см^3
20-100	15,3	20	2,00	7,96
		100	2,00	
20-200	15,9	150	1,99	
		200	1,97	
20-300	16,5	250	1,94	
		300	1,90	
20-400	16,9	350	1,85	
		400	1,80	
20-500	17,3	450	1,74	
		500	1,67	
		550	1,60	
		600	1,52	

Таблица 10 20 7 – Технологические свойства [8]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, °С	1180
Минимальная температура конца ковки, °С	910
Свариваемость	Удовлетворительная
Обрабатываемость резанием	Термообработанная, при НВ 269 и $\sigma_в$ = 951 МПа $Kv_{тв\ сил.}$ = 0,3, $Kv_{б\ ст}$ = 0,15

10.21 Сплав марок Н70МФ (ЭИ 814А), Н70МФ-ВИ (хастеллой)

Таблица 10 21 1 - Химический состав (по ГОСТ 5632-72)

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Ti	Fe	S	P	W	Mo	V	Ni
не более											
0,02	0,1	0,5	0,3	0,15	0,8	0,012	0,015	0,1-0,45	25,0-27,0	1,4-1,7	Осн

Таблица 10 21 2 - Сортамент, НТД, механические свойства в поставке*

Вид и размер заготовок	НТД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С			Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	
			не менее			
Сортовой прокат Ø от 20 до 100 мм	ТУ 14-1-2260-77	Без термообработки	На образцах (закалка 1070 °С, вода)			-
			700 (70)	300 (30)	25	
Лист от 4 до 20 мм	ТУ 14-1-4684-89	-	800 (80)	370 (37)	40	220
Лента от 0,5 до 2 мм	ТУ 14-1-4253-87	-	850 (85)	345 (35)	40	-
Трубы электросварные Ø от 25 до 76 мм	ТУ 14-1-1227-83	-	780 (80)	340 (35)	35	-

Таблица 10 21 3 - Механические свойства при повышенных температурах [38]

Толщина листа, мм	Характеристика	Температура t, °С					
		20	100	200	300	400	500
4-20	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	800 (80)	740 (74)	710 (71)	700 (70)	690 (69)	660 (66)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	370 (37)	340 (34)	330 (33)	300 (30)	-	-
2*	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	950 (95)	800 (80)	750 (75)	700 (70)	680 (68)	650 (65)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	350 (35)	340 (34)	329 (32)	300 (30)	290 (29)	270 (27)
* Толщина стенки электросварной трубы.							

Таблица 10 21 4 - Коррозионная стойкость в кипящих растворах соляной и серной кислот [12]

Концентрация HCl, %	Скорость коррозии, г/(м^2 ч)	Концентрация H_2SO_4, %	Скорость коррозии, г/(м^2 ч)
5	0,15	20	0,09
10	0,20	40	0,15
21	0,40	50	0,20

Таблица 10 21 5 – Физические свойства [38]

Температура t, °С	Коэффициент линейного расширения α 10^{-6}	Температура t, °С	Модуль нормальной упругости Е 10, МПа (кгс/мм^2)
20-100	8,0	20-100	23 (23 000)
20-200	9,5	20-200	22 (22 000)
20-300	9,5	20-300	21 (21 000)

Окончание таблицы 10 21 5

Температура t, °С	Коэффициент линейного расширения $\alpha \cdot 10^{-6}$	Температура t, °С	Модуль нормальной упругости Е·10, МПа·(кгс/мм^2)
20-400	10.0	20-400	21 (21 000)
20-500	10,4	20-500	22 (22 000)
20-600	10,2	20-600	20 (20 000)

Таблица 10 21 6 – Технологические свойства [12]

Горячая пластическая деформация в интервале температур, °С	1120-950
	Необходима длительная выдержка при температуре нагрева под деформацию
Обработка давлением	Вследствие высокой способности к нагартовке требуется большое число промежуточных нагревов
Свариваемость	Сваривается ручной аргонодуговой и электродуговой сваркой.
Обрабатываемость резанием	Плохая.

10.22 Сплав марки ХН65МВ (ЭП 567) (хастеллой)

Таблица 10 22 1 - Химический состав (по ГОСТ 5632-72)

В процентах

C	Si	Mn	S	P	Fe	Cr	Mo	W	Ni
не более									
0,03	0,15	1,0	0,012	0,015	1,0	14,5-16,5	15,0-17,0	3,0-4,5	Осн

Таблица 10 22 2 - Сортамент, НТД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НТД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс м/см^2)	
			не менее					
Сортовой прокат Ø от 20 до 100 мм	ТУ 14-1-3239-81 гарантируется стойкость к МКК	Без термообработки	На образцах (1070 °С, вода)					200-230*
			784 (80)	343 (35)	35	40	160 (15,8) *	
Лента от 1,5 до 2,0 мм	ТУ 14-1-1215-75 гарантируется стойкость к МКК	Закалка 1100 °С, вода	(85)	(40)	δ_4 35	-	-	-
Лист от 4 до 10 мм	ТУ 14-1-2475-78 гарантируется стойкость к МКК	Закалка 1070 °С, вода	(87)	(42)	40	-	-	-
Лист от 1,5 до 4 мм	ТУ 14-1-1485-78	Закалка 1070 °С, вода	(85)	(40)	40	-	-	-
Проволока Ø от 1 до 4 мм	ТУ 14-1-683-78 гарантируется стойкость к МКК	Ø от 1 до 3 мм термообработанная	Не определяются					
		Ø более 3 мм нагартованная						
Поковки Ø до 1000 мм	ГОСТ 25054-81	Закалка 1150 °С, вода	735 (75)	294 (30)	25-30	35-40	-	Не более 220

* Справочные данные

Таблица 10 22 3 - Механические свойства в зависимости от температуры [31]*

Температура t, °С	$\sigma_в$, кгс/мм^2	$\sigma_т$, кгс/мм^2	δ, %	ψ, %	KCU, кгс м/см^2
20	99,4	58,5	49,0	49,4	15,4
200	81,0	49,1	47,7	44,8	-
400	80,7	49,7	41,9	36,1	-
500	80,5	50,8	35,5	35,5	-
600	79,9	48,2	37,0	33,4	19,2
0	-	-	-	-	17,8
- 40	-	-	-	-	18,1
- 60	-	-	-	-	15,3
Пруток*					
- 50	95	46	38	-	7,0
- 100	100	56	25	-	6,5
- 200	112	68	24	-	7,0

* Данные США

Таблица 10.22 4 – Физические свойства [38]

Температура t, °С	Коэффициент линейного расширения $\alpha \cdot 10^{-6}$	Температура t, °С	Модуль нормальной упругости Е·10, МПа (кгс/мм^2)	Плотность, т/см^3
20-100	11,6	20-100	20 (20 000)	8,9
20-200	11,9	20-200	18 (18 000)	
20-300	12,0	-	-	
20-400	12,2	-	-	
20-500	12,6	-	-	
20-600	13,1	-	-	

Таблица 10.22 5 – Технологические свойства [39]

Горячая пластическая деформация в интервале температур, °С	1200-950
	Сплав труднодеформируемый
Холодная пластическая деформация	Удовлетворительная. Из-за склонности к наклепу детали сложной формы рекомендуется штамповать за несколько проходов с промежуточной термообработкой. Последняя термообработка обязательна
Горячая штамповка из листа в интервале температур, °С	1200-1000
	Последующая термообработка обязательна
Свариваемость	Удовлетворительная. Рекомендуется аргонодуговая сварка
Обрабатываемость резанием	Плохая

10.23 Сплав марки 02Х25Н22АМ2 (ЧС 108) (аустенитного класса)

Таблица 10 23 1 – Химический состав (по ТУ У 27 3-00218325-024 2006) [78]

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	N	S	P
не более						не более		
0,02	0,40	1,5 – 2,0	24,0 – 26,0	21,0 – 23,0	2,0 – 2,5	0,10 – 0,14	0,015	0,020

Таблица 10 23 2 – Сортамент, НТД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НТД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс м/см^2)	
			не менее					
Поковки Ø до 600 мм	ТУ У 27 3-00218325-024 2006	Закалка (1100± 10)°С, воздух	На образцах (1070 °С, вода)					–
			500 (50)	200 (20)	30	30	294 (30)	
Примечание – Стойкость к МКК гарантируется по ТУ У 27 3-00218325-024 2006								

11 Стали и сплавы коррозионностойкие и жаропрочные

11.1 Сталь марки 12Х18Н9 (Х18Н9) (аустенитного класса)

Т а б л и ц а 11.1 1 – Химический состав (по ГОСТ 5632-72)

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Ni	Fe	S	P
не более						не более	
0,12	0,8	2,0	17,0-19,0	8,0-10,0	осн	0,02	0,035

Т а б л и ц а 11 1 2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С				Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$ Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	
			не менее				
Сортовой прокат Ø, ⌈ до 200 мм, калиброванный Ø, ⌈ до 70 мм, в т ч шестигран-ник со специа-льной отделкой поверхности, полоса	ГОСТ 5949-75	Без термообработки	-	-	-	-	-
		Закалка 1020-1100 °С, воздух, масло, вода (по требованию потребителя)	490 (50)	196 (20)	45	55	-
Калиброванный прокат Ø, ⌈, шестигранник до 70мм	ГОСТ 1051-73	Нагартованный термообработанный	-	-	-	-	Нормы твердости по соглашению сторон
Поковки диаметром (толщиной) до 1000 мм	ГОСТ 25054-81	Закалка 1050-1100 °С, вода	510 (52)	196 (20)	35-40	40-48	Твердость ≤170 НВ
Трубы бесшовные Ø от 57 до 325 мм	ГОСТ 9940-81	В поставке	529 (54)	-	40	-	-
Трубы бесшовные Ø от 5 до 273 мм	ГОСТ 9941-81	Термообработанные	549 (56)	-	37	-	-
Лист толстый горячекатаный от 4 до 50 мм	ГОСТ 7350-77 Гарантируется стойкость к МКК	Закалка 1050-1120 °С, вода	530 (54)	215 (22)	38	-	-
		Нагартованные и полунагартованные	Свойства не нормируются, но определяются обязательно Нормы – по соглашению сторон				
Лист тонкий горячекатаный от 1,5 до 3,9 мм, холоднокатаный от 0,7 до 3,9 мм	ГОСТ 5582-75 Гарантируется стойкость к МКК	Закалка 1050-1080 °С, вода, воздух (М)	540 (55)	-	38	-	-
		Нагартованный	930-1230 (95-125)	-	13	-	-

Окончание таблицы 11 1 2

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С				Твердость, НВ
			$\sigma_в$ Н/мм² (кгс/мм²)	$\sigma_т$, Н/мм² (кгс/мм²)	δ_5, %	ψ, %	
			не менее				
Лента холоднокатаная от 0,05 до 2,0 мм	ГОСТ 4986-79 Гарантируется стойкость к МКК	Закалка 1050-1080 °С, вода, воздух (М)	530 (54)	-	18-35	-	-
		Полунагартованная (ПН)	780 (80)	-	8-15(δ_4)	-	-
		Нагартованная (Н)	980 (100)	-	3-5(δ_4)	-	-
		Высоконагартованная (ВН)	1130 (115)	-	2-3(δ_4)	-	-
Прутки нагартованные, термообработанные, шлифованные Ø от 1,0 до 3,0 мм	ГОСТ 18907-73 Гарантируется стойкость к МКК	Термообработанные (ТН)	637-880 (65-90)	-	20	-	-
		Нагартованные (Н)	930 (95) для d<5мм 880 (90) – для d≥5мм	-	-	-	-
Проволока от 0,2 до 7,5 мм	ГОСТ 18143-72	Термообработанная (Т)	Ø 0,2-6,0 мм				
			540-830 (55-85)	-	20-25	-	-
		Нагартованная (Н)	1130-1470 (115-145)	-	-	-	-
Лист тонкий от 0,5 до 3,0 мм	ТУ 14-1-3199 Гарантируется стойкость к МКК	Термообработанный	539 (55)	274,4 (28)	40	-	-

Таблица 11 1 3 - Механические свойства (по СТ ЦКБА 010-2004)

Диаметр (толщина) заготовки, мм	Механические свойства при 20 °С				Твердость, НВ
	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм²)	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм²)	δ_5, %	ψ, %	
	не менее				
До 60	490 (50)	196 (20)	45	55	От 121 до 179

Таблица 11 1 4 – Гарантированные механические свойства при высоких температурах [6]

Сортамент	Характеристика	Температура, °С												
		20	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
Трубы бесшовные, холоднокатаные Ø от 16 до 70 мм, с толщиной стенки 2,5-12 мм	$\sigma_в$ МПа (кгс/мм²)	491 (50)	451 (46)	412 (42)	392 (40)	(40)	373 (38)	363 (37)	353 (36)	(36)	343 (35)	(35)	323 (33)	294 (30)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм²)	196 (20)	196 (20)	177 (18)	167 (17)	157 (16)	147 (15)	137 (14)	128 (13)	118 (12)	118 (12)	108 (11)	98 (10)	98 (10)
	δ, %	40	38	36	33	32	30	28	27	26	25	24	23	22
	ψ, %	55	53	53	53	52	52	52	51	50	50	48	46	39

Таблица 11 1 5 – Гарантированные значения пределов длительной прочности σ д п , МПа (кгс/мм^2) [6]

Температура, °С	Время, ч									
	10	30	10^2	$3 \cdot 10^2$	10^3	$3 \cdot 10^3$	10^4	$3 \cdot 10^4$	10^5	$2\ 10^5$
400	279 (28,5)	279 (28,5)	279 (28,5)	279 (28,5)	279 (28,5)	279 (28,5)	279 (28,5)	279 (28,5)	279 (28,5)	279 (28,5)
450	279 (28,5)	279 (28,5)	279 (28,5)	279 (28,5)	279 (28,5)	279 (28,5)	279 (28,5)	243 (24,8)	228 (23,3)	206 (21)
500	279 (28,5)	265 (27)	257 (26,3)	242 (24,8)	221 (22,5)	199 (20,3)	184 (18,8)	162 (16,5)	147 (15)	140 (14,3)
550	250 (25,5)	242 (24,8)	224 (22,9)	213 (21,8)	184 (18,8)	155 (15,8)	132 (13,2)	118 (12)	103 (10,5)	95 (9,8)
600	206 (21,0)	199 (20,3)	180 (18,4)	151 (15,4)	129 (13,1)	118 (12)	92 (9,4)	81 (8,3)	66 (6,8)	58,5 (6)

Таблица 11 1 6 – Средние значения условных пределов длительной прочности σд п МПа (кгс/мм^2) [6]

Температура, °С	Время, ч									
	10	30	10^2	$3 \cdot 10^2$	10^3	$3\ 10^3$	10^4	$3\ 10^4$	10^5	$2 \cdot 10^5$
400	373 (38)	373 (38)	373 (38)	373 (38)	373 (38)	373 (38)	373 (38)	373 (38)	373 (38)	373 (38)
450	373 (38)	373 (38)	373 (38)	373 (38)	373 (38)	373 (38)	373 (38)	323 (33)	303 (31)	274 (28)
500	373 (38)	353 (36)	343 (35)	323 (43)	294 (30)	265 (27)	245 (25)	216 (22)	196 (20)	186 (19)
550	333 (34)	323 (33)	298 (30,5)	284 (29)	245 (25)	206 (21)	176 (18)	157 (16)	137 (14)	127 (13)
600	274 (28)	265 (27)	240 (24,5)	201 (20,5)	172 (17,5)	157 (16)	123 (12,5)	108 (11)	88 (9)	78 (8)

Таблица 11 1 7 – Средние значения условных пределов длительной пластичности [6]

Температура, °С	Пластичность, %	Время, ч									
		10	30	10^2	$3 \cdot 10^2$	10^3	$3\ 10^3$	10^4	$3 \cdot 10^4$	10^5	$2\ 10^5$
500	δ	28	25	21	16	15	14	12	11	9	8
	ψ	44	38	33	29	25	22	19	17	14	13
550	δ	29	24	20	17	14	12	10	10	10	10
	ψ	46	40	34	30	26	23	16	16	16	16
600	δ	22	18	17	22	27	24	15	10	7	5
	ψ	40	33	31	34	42	32	23	16	11	9

Таблица 11.1.8 - Механические свойства при повышенных температурах [8]

Температура, °С	$\sigma_в$,	$\sigma_{0,2}$	δ_5,	ψ	KCU, Дж/см^2
	МПа		%		
20	Пруток. Закалка 1080 °С, воздух				
	230	560	46	66	220
200	180	450	36	68	250
300	160	420	29	66	260
400	150	420	26	61	290
500	140	400	30	60	200
550	140	390	31	61	270
600	120	350	28	51	200
650	120	280	27	52	250
700	120	270	20	40	260

Таблица 11.1.9 – Механические свойства при низких температурах [13]

Температура испытания, °С	Поставка	$\sigma_в$,	$\sigma_{0,2}$,	δ_5,	ψ,	KCU, Дж/ см^2
		МПа		%		
20	Закалка 1100 °С, воздух	68	25	68	78	34
-78		129	35	46	67	34
-183		172	41	37	61	34
-196		177	43	40	61	32

Таблица 11.1.10- Физические свойства при низких температурах [13]

Температура испытания, °С	Коэффициент линейного расширения $\alpha \cdot 10^6$ мм/мм град	Модуль нормальной упругости Е, кгс/мм^2	Плотность, г/см^3
20	16,0	20 000	7,9
-100	11,6	-	-
-183	-		
-196	5.0		

Таблица 11.1.11 – Технологические свойства [8]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, °С	1200
Минимальная температура конца ковки, °С Сечения до 350 мм охлаждаются на воздухе	850
Свариваемость	Без ограничения

11.2 Сталь марки 09Х18Н9 (аустенитного класса)

Таблица 11 2 1 – Химический состав (по ТУ 14-1-3409)

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P	Ti	Cu	Fe
	не более				не более				
0,07-0,10	0,8	1-2	17-19	8-10	0,02		0,1	0,3	Осн

Таблица 11 2 2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С				
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс м/см^2)
			не менее				
Заготовка трубная Ø от 80 до 180 мм	ТУ 14-1-1288-76 Гарантируются ферритная фаза (1-4%), неметаллические включения	Закалка 1050-1080°С, вода, воздух	490 (50)	196 (20)	50	-	-
			600 °С				
			294 (30)	98 (10)	30	-	-
Трубы бесшовные Ø от 108 до 194 мм	ТУ 14-3-1061-81 Гарантируются ферритная фаза, величина зерна, УЗК, неметаллические включения	Термообработанные	490 (50)	196 (20)	40	-	-
			600 °С				
			294 (30)	98 (10)	30	-	-
Лист толстый 6-50 мм, 09Х18Н9, 09Х18Н9-ШД, 09Х18Н9-ВД	ТУ 14-1-3409-82 Гарантируются ферритная фаза, неметаллические включения, величина зерна, УЗК	Закалка 1050-1070°С, воздух	490 (50)	196 (20)	50	-	-
			530 °С (для листа>12 мм)				
			345 (35)	118 (12)	30	-	-

Таблица 11 2 3 – Гарантированные механические свойства стали 12Х18Н9 при высоких температурах [6]

Сортамент	Характеристика	Температура, °С												
		20	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
Лист толщиной от 6 до 160 мм	$\sigma_в$ МПа (кгс/мм^2)	491 (50)	451 (46)	412 (42)	392 (40)	392 (40)	373 (38)	363 (37)	353 (36)	353 (36)	343 (35)	343 (35)	323 (33)	294 (30)
	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	196 (20)	196 (20)	177 (18)	167 (17)	157 (16)	147 (15)	137 (14)	137 (14)	128 (13)	128 (13)	118 (12)	108 (11)	108 (11)
	δ, %	50	46	42	38	37	35	33	32	31	30	30	30	28
	ψ, %	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50

Продолжение таблицы 11 2 3

Сортамент	Характеристика	Температура, °С												
		20	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
Поковки толщиной до 60 мм	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	540 (55)	500 (51)	451 (46)	432 (44)	432 (44)	412 (42)	402 (41)	392 (40)	373 (38)	353 (36)	323 (33)	304 (31)	255 (26)
	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	196 (20)	196 (20)	177 (18)	157 (16)	147 (15)	137 (14)	128 (13)	118 (12)	118 (12)	108 (11)	98 (10)	98 (10)	98 (10)
	δ, %	40	38	36	34	33	31	29	28	28	27	27	27	25
	ψ, %	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
Поковки толщиной от 60 до 300 мм 200 мм	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	491 (50)	470 (48)	451 (46)	425 (43)	400 (41)	380 (39)	363 (37)	340 (35)	323 (33)	314 (32)	304 (31)	294 (30)	280 (29)
	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	196 (20)	196 (20)	177 (18)	157 (16)	147 (15)	137 (14)	128 (13)	118 (12)	118 (12)	108 (11)	98 (10)	98 (10)	98 (10)
	δ, %	38	36	34	32	31	29	27	26	26	25	25	25	24
	ψ, %	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Трубы бесшовные холоднокатаные Ø от 16 до 70 мм, толщиной стенки от 2,5 до12мм	$\sigma_в$ МПа (кгс/мм^2)	491 (50)	451 (46)	412 (42)	392 (40)	392 (40)	373 (38)	363 (37)	353 (36)	353 (36)	343 (35)	343 (35)	323 (33)	294 (30)
	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	196 (20)	196 (20)	177 (18)	167 (17)	157 (16)	147 (15)	137 (14)	128 (13)	118 (12)	118 (12)	108 (11)	98 (10)	98 (10)
	δ, %	40	38	36	33	32	30	28	27	26	25	24	23	22
	ψ, %	55	53	53	53	52	52	52	51	50	50	48	46	39

Т а б л и ц а 11.2 4 – Гарантированные значения пределов длительной прочности $\sigma_{д\,п.}$, МПа (кгс/мм^2) [6]

Температура, °С	Время, ч									
	10	30	10^2	$3\ 10^2$	10^3	$3\ 10^3$	10^4	$3 \cdot 10^4$	10^5	$2 \cdot 10^5$
500	271 (27,7)	257 (26,2)	250 (25,5)	236 (24,1)	214 (21,8)	192 (19,6)	179 (18,3)	157 (16,0)	143 (14,6)	135 (13,8)
550	242 (24,7)	235 (24,0)	218 (22,2)	206 (21,0)	178 (18,2)	150 (15,3)	128 (13,1)	114 (11,6)	99,8 (10,2)	92,3 (9,42)
600	200 (20,4)	193 (19,7)	174 (17,8)	146 (14,9)	125 (12,8)	114 (11,6)	89,3 (9,1)	75 (7,65)	63,8 (6,5)	57 (5,8)

Т а б л и ц а 11 2 5 – Средние значения условных пределов длительной прочности $\sigma_{д\,п.}$, МПа (кгс/мм^2) [6]

Температура, °С	Время, ч									
	10	30	10^2	$3\ 10^2$	10^3	$3 \cdot 10^3$	10^4	$3\ 10^4$	10^5	$2\ 10^5$
500	361 (36,8)	342 (34,9)	333 (34,0)	314 (32,0)	285 (29,1)	256 (26,1)	238 (24,3)	209 (21,3)	190 (19,4)	180 (18,4)
550	323 (33,0)	313 (31,9)	290 (29,6)	275 (28,1)	237 (24,2)	200 (20,4)	171 (17,4)	152 (15,5)	133 (13,6)	123 (12,6)
600	266 (27 1)	257 (26,2)	232 (23,7)	195 (19,9)	166 (16 9)	152 (15,5)	119 (12,1)	100 (10,2)	85 (8,67)	76 (7,76)

Т а б л и ц а 11 2 6– Средние значения условных пределов длительной пластичности [6]

Температура, °С	Пластичность, %	Время, ч									
		10	30	10^2	$3 \cdot 10^2$	10^3	$3 \cdot 10^3$	10^4	$3 \cdot 10^4$	10^5	$2 \cdot 10^5$
500	δ	28	25	21	16	15	14	12	11	9	8
	ψ	44	38	33	29	25	22	19	17	14	13
550	δ	29	24	20	17	14	12	10	10	10	10
	ψ	46	40	34	30	26	23	16	16	16	16
600	δ	22	18	17	22	27	24	15	10	7	5
	ψ	33	31	34	42	32	23	16	13	17	9

11.3 Сталь марки 12Х18Н9Т (аустенитного класса)

Таблица 11 3 1 – Химический состав (по ГОСТ 5632-72)

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P	Fe	Ti
не более					не более			
0,12	0,8	2,0	17,0-19,0	8,0-9,5	0,02	0,035	Осн	5 С-0,8

Таблица 11 3 2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С				Твердость, НВ
			$\sigma_в$ Н/мм² (кгс/мм²)	$\sigma_т$ Н/мм² (кгс/мм²)	δ_5, %	ψ, %	
			не менее				
Сортовой прокат Ø, ⌑ до 200мм, калиброванный Ø, ⌑ до 70 мм, в т ч шестигранник, со специальной отделкой поверхности, полоса	ГОСТ 5949-75	Без термообработки	-	-	-	-	-
		Закалка 1020-1100 °С, воздух, масло, вода (по требованию потребителя)	Диаметр (толщина) заготовки до 60мм				
			540 (55)	196 (20)	40	55	-
Калиброванный прокат Ø, ⌑ , в т.ч. шестигранник до 70 мм	ГОСТ 1051-73	Нагартованный термообработанный	-	-	-	-	Нормы твердости по соглашению сторон
Лист толстый горячекатаный от 4 до 50 мм, холоднокатаный от 4 до 5мм	ГОСТ 7350-77 Гарантируется стойкость к МКК	Закалка 1030-1080 °С, вода, воздух	530 (54)	215 (22)	38	-	-
		Нагартованные и полунагартованные	Свойства не нормируются, но определяются обязательно Нормы – по соглашению сторон				
Проволока от 0,2 до 7,5 мм	ГОСТ 18143-72	Термообработанная (Т) (d 1-7,5мм)	590-880 (60-90)	-	20 (второй класс) 25 (первый класс)	-	-
		Нагартованная (Н) (d 1-7,5мм)	1130-1470 (115-150)	-	-	-	-
Прутки нагартованные, термообработанные, шлифованные Ø от 1,0 до 3 0 мм классов точности 3, 3а, 4, групп отделки поверхности В, Г, Д	ГОСТ18907-73 Гарантируется стойкость к МКК	Термообработанные	590-880 (60-90)	-	20	-	-
		Нагартованные	930 (95) для d<5мм 880 (90) – для d≥5мм	-	-	-	-
Поковки Ø (толщиной) до 1000 мм	ГОСТ 25054-81	Закалка 1050-1100 °С, вода. воздух	510 (52)	196 (20)	35-40	40-48	Твердость НВ ≤170

Таблица 11 3 3 - Механические свойства (по СТ ЦКБА 010-2004)

Диаметр (толщина) заготовки, мм	Механические свойства				Твердость, НВ
	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	
	не менее				
До 60	539 (55)	196 (20)	40	55	От 121 до 179
Св 60 до 100			39	50	
Св 100 до 300			35	40	

Таблица 11 3 4 – Гарантированные механические свойства при высоких температурах [6]

Сортамент	Характеристика	Температура, ^{0}С												
		20	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
Заготовки в виде поковок и штамповок для листов и труб, поковки	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	520 (53)	500 (51)	432 (44)	412 (42)	392 (40)	392 (40)	392 (40)	383 (39)	373 (38)	373 (38)	363 (37)	333 (34)	294 (30)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	196 (20)	196 (20)	167 (17)	157 (16)	157 (16)	147 (15)	147 (15)	147 (15)	137 (14)	128 (13)	118 (12)	118 (12)	108 (11)
	δ, %	39	38	34	31	28	26	24	23	22	22	22	22	22
	ψ, %	50	50	50	50	50	48	48	46	46	44	44	43	40
Листы толщиной от 0,5 до 160 мм	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	530 (54)	510 (52)	441 (45)	422 (43)	402 (41)	402 (41)	402 (41)	392 (40)	383 (39)	383 (39)	373 (38)	343 (35)	294 (30)
	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	235 (24)	235 (24)	196 (20)	186 (19)	186 (19)	177 (18)	177 (18)	177 (18)	167 (17)	157 (16)	137 (14)	137 (14)	128 (13)
	δ, %	38	37	33	30	27	26	24	23	22	22	22	22	22
	ψ, %	45	43	43	42	42	42	41	40	40	38	37	32	32
Прокат Ø, Г или толщиной до 60 мм	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	540 (55)	520 (53)	451 (46)	432 (44)	412 (42)	412 (42)	412 (42)	402 (41)	392 (40)	392 (40)	383 (39)	353 (36)	304 (31)
	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	196 (20)	196 (20)	167 (17)	157 (16)	157 (16)	147 (15)	147 (15)	147 (15)	137 (14)	128 (13)	118 (12)	118 (12)	108 (11)
	δ, %	40	39	35	32	29	27	25	24	23	23	23	23	23
	ψ, %	55	55	55	55	55	53	53	51	51	49	49	47	44
То же более 60 до 100 мм	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	540 (55)	520 (53)	451 (46)	432 (44)	412 (42)	412 (42)	412 (42)	402 (41)	392 (40)	392 (40)	383 (39)	353 (36)	304 (31)
	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	196 (20)	196 (20)	167 (17)	157 (16)	157 (16)	147 (15)	147 (15)	147 (15)	137 (14)	128 (13)	118 (12)	118 (12)	108 (11)
	δ, %	39	38	34	31	29	27	24	23	22	22	22	22	22
	ψ, %	50	50	50	50	50	44	44	43	43	41	41	39	36
То же более 100 до 150 мм	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	540 (55)	520 (53)	451 (46)	432 (44)	412 (42)	412 (42)	412 (42)	402 (41)	392 (40)	392 (40)	383 (39)	353 (36)	304 (31)
	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	196 (20)	196 (20)	167 (17)	157 (16)	157 (16)	147 (15)	147 (15)	147 (15)	137 (14)	128 (13)	118 (12)	118 (12)	108 (11)
	δ, %	37	36	33	30	28	25	23	22	21	21	21	21	21
	ψ, %	45	45	45	45	45	45	43	42	42	40	40	39	36

Таблица 11 3 5 – Пределы длительной прочности, МПа [11]

t, °С	$б_{10}^{4}$	$б_{10}^{5}$	t, °С	$б_{10}^{4}$	$б_{10}^{5}$
500	250	200	600	135	100
525	210	170	625	110	80
550	190	150	650	80	60
565	155	130	700	55	40
Примечание – Предел ползучести при температуре 600 °С при скорости ползучести 1/100000 %/ч – 74-78 МПа					

Таблица 11 3 6 – Относительное удлинение (δ) образцов при длительных испытаниях [11]

t, °С	τ, тыс ч	δ, %	t, °С	τ, тыс ч	δ, %
550	8	4	650-660	3	21
580	9	6	700	5	17
600-610	3	9			
Примечание – Термообработка закалка 1130-1180 °С, вода или воздух, старение 800 °С, 10 ч или 700 °С, 20 ч					

Таблица 11 3 7 – Предел выносливости [8]

$б_{-1}$, МПа	$τ_{-1}$, МПа	Число циклов n
279	-	10^{7}
196-235	132	-

Таблица 11 3 8 - Чувствительность к охрупчиванию при старении [8]

Время, ч	Температура, °С	KCU, Дж/см^2
Исходное состояние		245
10000	500	186
20000	550	220
10000	600	215

Таблица 11 3 9 – Ударная вязкость прутков сечением 18-25 мм (закалка 1050 °С) [12]

Температура, °С	KCU, Дж/см^2
+20	250
-70	250
-196	200
-253	120

Таблица 11 3 10 – Жаростойкость [8]

Среда	Температура, °С	Глубина мм/год	Группа стойкости или балл
Перегретый пар	600	0 0018	2
Воздух	650	0,0022	2
Воздух	750	0 0130	4

Таблица 11 3 11 – Технологические свойства [8]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, °С	1200
Минимальная температура конца ковки, °С	850
Свариваемость	Без ограничения
Обрабатываемость резанием	В закаленном состоянии при 169 НВ и $\sigma_в$ = 610 МПа, $K_{V\ гв\ спл}$ = 0 85 $K_{V\ б\ ст}$ = 0 35
Плотность, г/см^3	7,9

11 4 Сталь марки 12Х18Н10Т (Х18Н10Т) (аустенитного класса)

Т а б л и ц а 11 4 1 – Химический состав (по ГОСТ 5632 72)

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P	Fe	Ti
не более								
0 12	0 8	2 0	17 0 19 0	9 0 11 0	0 02	0 035	Осн	5 С 0 8

Т а б л и ц а 11 4 2 Сортамент НД, механические свойства в поставке*

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С				Твердость НВ
			$\sigma_в$ Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$ Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5 %	ψ %	
			не менее				
Сортовой прокат до200мм калиброванный Ø ¦ до 70 мм в т ч шестигранник	ГОСТ 5949 75	Без термообра ботки					
		Закалка 1020 1100 °С воздух масло вода (по требованию потребителя)	Диаметр (толщина) заготовки до 60мм				
			510 (52)	196 (20)	40	55	
Калиброванный прокат Ø шестигранник до 70 мм	ГОСТ 1051 73	Нагартованный термообработанный					Нормы твердости по соглашению сторон
Лист тонкий горячекатаный 1 5- 3 9 мм, холоднокатаный 0 7 -3,9 мм	ГОСТ 5582 75 При прокатке на непрерывных и полунепрерывных станах содержание Ti – [5 (C 0 02)] 0 7% $\frac{Cr}{Ni} \le 1{,}8$ Гарантируется стойкость к МКК по ГОСТ 6032 89	Закалка 1050 1080°С вода, воздух (М)	520 (53)	По требованию	40	По требованию испытание при t = 700°С $\sigma_в \ge 250$ (25) Н/мм^2 (кгс/мм^2) $\delta_5 \ge 40$	
		Полунагартованный (ПН)	740 (75)	-	25		
		Нагартованный (Н)	880 1080 (90-100)		10		
		Закалка 1050 1080°С вода воздух	По соглашению				
			550 (56)	216 (22)	42		
Лист толстый горячекатаный 4 50 мм, холоднокатаный 4 5мм	ГОСТ 7350 77 гарантируется стойкость к МКК по ГОСТ 6032 89	Закалка 1050 1080 °С вода воздух	Для листов толщиной до 25 мм включительно				
			530 (54)	235 (24)	38		
		Нагартованные и полунагартованные	Свойства не нормируются но определяются обязательно Нормы – по соглашению сторон				

Продолжение таблицы 11 4 2

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С				Твердость, НВ
			$\sigma_в$ Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	
			не менее				
Лента холоднокатаная толщиной от 0,05 до 2,0 мм	ГОСТ 4986-79 Гарантируется стойкость к МКК	Закалка 1050-1080 °С, вода, воздух(М)	530 (54)	-	При толщине 0,2мм 18 0,2-2мм 35	-	-
		Нагартованная (Н) Полунагартованная (ПН)	Свойства по соглашению сторон				
Трубы бесшовные горячедеформированные Ø от 57 до 325 мм	ГОСТ 9940-81 Плотность= 7,95г/см^3	В поставке	529 (54)	216 (22)	40	-	-
Трубы бесшовные холодно- и теплодеформированные Ø от 5 до 273 мм	ГОСТ 9941-81 Плотность= 7,95г/см^3	Термообработанные	549 (56)	216 (22)	35	-	-
Проволока 0,2-7,5 мм	ГОСТ 18143-72	Термообработанная (Т) Ø 1-7,5 мм	540-890 (55-85)	-	2 кл 1кл 20 25	-	-
		Нагартованная (Н) (Ø1-7,5 мм)	1080-1420 (110-145)	-	-	-	-
Прутки нагартованные, термообработанные, шлифованные Ø 1,0-30 мм классов точности 3, 3а, 4, групп отделки поверхности В, Г, Д	ГОСТ 18907-73 Гарантируется стойкость к МКК по ГОСТ 6032	Термообработанная (ТП)	590-890 (60-85)	-	20	-	-
		Нагартованные (Н)	930 (95) для d<5мм, 880 (90) для d>5мм	-	-	-	-
Поковки Ø (толщиной) до 1000 мм	ГОСТ 25054-81	Закалка 1050-1100 °С	510 (52)	192 (20)	35-38	40-52	Гвердость ≥179НВ
Лист толстый 50-75 мм	ТУ 14-1-394		Мех свойства и МКК по ГОСТ 7350-77				
				$\sigma_{0,2}$ 18 350 °С	-	-	-
Лист от 51 до 160 мм	ТУ 108-930 Поставщик «Ижорский завод» Гарантируется стойкость к МКК	Термообработка	Толщина 51-60 мм включ				
			490 (50)	196 (20)	38	50	-
			Св 60 до 100 мм включ				
			490 (50)	196 (20)	37	45	-
			Св 100 до 160 мм включ				
			490 (50)	196 (20)	35	40	-

Окончание таблицы 11 4 2

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С				Твердость, НВ
			$\sigma_в$ Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$ Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	
			не менее				
Проволока пружинная Ø от 0,11 до 10,01 мм	ТУ 3 -1002	В, ВО (0,11-8,01) Н (0,51-10,01 мм)	(140-205) (125)	-	-	20	-
Лист от 40 до 50 мм	ТУ 108 1151 Гарантируется стойкость к МКК	Термообработанные	По ГОСТ 7350-77				

* Для АС листы толщиной 3-3,9 мм поставляются по ТУ 14-1-5041-91, листы толщиной 4-50 мм – по ТУ 14-1-5040 -91 с испытаниями механические свойства при 20 и350 °С, определение количества ферритной фазы (1-8 %), балла зерна, неметаллических включений, межкристаллитной коррозии УЗК (по требованию), содержания кобальта (≤0,05 % по согласованию)

Поставщик тонкого листа – Челябинский металлургический завод, толстого – Коммунарский металлургический комбинат

Т а б л и ц а 11 4 3 – Механические свойства при нормальной и повышенной температурах (по ОСТ 108 109 01-92)

Вид заготовки	Обозначение категории заготовок	Толщина (диаметр), мм	При нормальной температуре (20 °С)				При повышенной температуре (350°С)			
			$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %
			не менее							
Сортовой прокат, поковки из него	А	до 200 включ	490 (50)	195 (20)	38	40	355 (36)	165 (17)	25	40
Ковано-катаные плиты, поковки из слитка, лист, листовые заготовки и штамповки, сортовой прокат, поковки из него	Б	Св 40 до200 включ.	490 (50)	195 (20)	35	40	335 (34)	155 (16)	25	40
	В	Св 200 до 450 включ	490 (50)	195 (20)	35	40	315 (32)	135 (14)	25	40
Заготовки с повышенными механическими свойствами	Г	Св 40 до 450 включ	490 (50)	195 (20)	35	40	355 (36)	175 (18)	25	40

Таблица 11.4.4 – Механические свойства (по СТ ЦКБА 010-2004)

Диаметр (толщина) заготовки, мм	Механические свойства				Твердость, НВ
	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	
	не менее				
До 60	510 (52)	196 (20)	40	55	От 121 до 179
Св 60 до 100			39	50	
Св 100 до 300			35	40	

Таблица 11.4.5 – Гарантированные механические свойства при высоких температурах [6]

Сортамент	Характеристика	Температура, °С												
		20	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
Прокат, поковки из него толщиной (диаметром) до 200 мм	$\sigma_в$ МПа (кгс/мм^2)	491 (50)	480 (49)	461 (47)	436 (44,5)	417 (42,5)	397 (40,5)	377 (38,5)	353 (36)	328 (33,5)	314 (32)	289 (29,5)	270 (27,5)	250 (25,5)
	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	196 (20)	191 (19,5)	189 (19,3)	186 (19)	181 (18,6)	176 (18)	172 (17,5)	167 (17)	162 (16,5)	157 (16)	152 (15,5)	150 (15,3)	147 (15)
	δ, %	38	37	36	33	31	28	26	25	22	20	20	20	20
	ψ, %	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Плиты, поковки из слитка, лист, штамповки толщиной (диаметром) до 200мм	$\sigma_в$ МПа (кгс/мм^2)	491 (50)	477 (48,7)	456 (46,5)	426 (43,5)	417 (42,5)	382 (39)	358 (36,5)	333 (34)	309 (31,5)	289 (29,5)	260 (26,5)	235 (24)	216 (22)
	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	196 (20)	193 (19,7)	186 (19)	181 (18,5)	176 (18)	167 (17)	162 (16,5)	157 (16)	152 (15,5)	144 (14,7)	137 (14)	132 (13,5)	127 (13)
	δ, %	35	34	33	31	29	27	26	25	24	23	22	22	21
	ψ, %	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
То же толщиной (диаметром) более 200 мм	$\sigma_в$ МПа (кгс/мм^2)	491 (50)	475 (48,5)	446 (45,5)	421 (43)	392 (40)	368 (37,5)	343 (35)	314 (32)	289 (29,5)	260 (26,5)	235 (24)	206 (21)	181 (18,5)
	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	196 (20)	191 (19,5)	181 (18,5)	172 (17,5)	164 (16,7)	152 (15,5)	147 (15)	137 (14)	132 (13,5)	123 (12,5)	113 (11,5)	103 (10,5)	98 (10)
	δ, %	35	34	33	31	29	27	26	25	24	23	22	22	21
	ψ, %	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Трубы	$\sigma_в$ МПа (кгс/мм^2)	510 (52)	471 (48)	461 (47)	441 (45)	421 (43)	421 (43)	412 (42)	412 (42)	402 (41)	382 (39)	353 (36)	333 (34)	304 (31)
	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	216 (22)	206 (21)	206 (21)	196 (20)	187 (19)	187 (19)	177 (18)	177 (18)	167 (17)	157 (16)	147 (15)	147 (15)	137 (14)
	δ, %	35	32	30	28	27	26	26	26	25	25	24	23	22
	ψ, %	55	55	55	54	54	53	52	51	50	48	47	45	40

Таблица 11 4 6 – Гарантированные значения пределов длительной прочности σд п , МПа (кгс/мм^2) [6]

Температура, °С	Время, ч									
	10	30	10^2	3 10^2	10^3	3 10^3	10^4	3 10^4	10^5	2 10^5
400	279 (28,5)									
450	279 (28,5)								250 (25,5)	236 (24)
500	279 (28,5)	264 (27)	250 (25,5)	242 (24,8)	236 (24)	213 (21,8)	191 (19,5)	169 (17,3)	147 (15)	140 (14,3)
550	265 (27)	250 (25,5)	236 (24)	221 (22,5)	199 (20,3)	176 (18)	151 (15,4)	128 (13,1)	112 (11,4)	103 (10,5)
600	236 (24)	213 (21,8)	191 (19,5)	180 (18,4)	162 (16,5)	140 (14,3)	118 (12)	95 (9,8)	81 (8,3)	73 (7,4)

Таблица 11 4 7– Средние значения условных пределов длительной пластичности [6]

Гемпе-ратура, °С	Пластич-ность, %	Время, ч									
		10	30	10^2	3 10^2	10^3	3 10^3	10^4	3 10^4	10^5	2 10^5
550	δ	22	17	14	12	10,5	9	8	7,5	7	6,5
	ψ	34	29	24	21	18	16	14	14	14	14
600	δ	16	13	11	9,5	8,5	7,5	6,5	6,5	7	6,5
	ψ	40	32	26	21	17	17	17	18	20	21

Таблица 11 4 8 – Средние значения условных пределов длительной прочности σд п , МПа (кгс/мм^2) [6]

Температура, °С	Время, ч									
	10	30	10^2	3 10^2	10^3	3 10^3	10^4	3 $\cdot 10^4$	10^5	2 10^5
400	372 (38)								372 (38)	372 (38)
450									333 (34)	314 (32)
500	372 (38)	352 (36)	333 (34)	323 (33)	314 (32)	284 (29)	255 (26)	225 (23)	196 (20)	186 (19)
550	353 (36)	333 (34)	314 (32)	294 (30)	265 (27)	235 (24)	201 (20,5)	171 (17,5)	149 (15,5)	137 (14)
600	314 (32)	284 (29)	255 (26)	240 (24,5)	216 (22)	186 (19)	157 (16)	127 (13)	108 (11)	97 (9,9)

Примечание - Изохромные кривые ползучести стали 12Х18Н10Т приведены в «Нормах» [6] на стр 438-439 при температурах 450-650 °С за время до 2 10^5 и деформации от 0,4 до 2 %

Таблица 11 4 9 – Механические свойства листа по ТУ 108-930-80 при температуре 700 °С (на шести плавках) [7]

Толщина листа	Температура испытания, °С	$\sigma_в$ (кгс/мм^2)	$\sigma_{0,2}$ (кгс/мм^2)	δ, %	ψ, %
75	20	61,0	27,9	51,4	67,3
	700	26,5	16,3	49,5	69,5
		27,0	17,0	49,8	71,0
		26,5	16,7	50,6	71,1
70	20	57,6	29,3	52,6	66,9
	700	29,1	19,0	43,0	66,7
		29,3	18,8	40,4	65,6
		30,1	19,5	42,2	64,1
75	20	63,0	32,3	48,0	66,3
	700	27,2	19,3	43,8	70,7
		27,0	19,9	48,8	72,2
90	20	59,2	28,1	55,3	71,3
	700	27,1	18,0	44,6	63,0
		26,9	17,4	45,2	67,9
85	20	57,8	29,3	56,6	68,0
	700	27,4	18,1	42,8	66,6
		27,3	18,3	43,6	70,0
		27,8	19,0	41,4	56,8
75	20	61,7	31,6	52,8	70,2
	700	26,6	19,3	45,4	65,4
		27,0	19,4	47,4	69,4
		26,4	19,1	45,8	66,8

Таблица 11 4 10 – Длительная прочность толстого листа по ТУ 108-930-80 при температуре 700 °С (на одной плавке) [7]

Нагрузка кгс/мм^2	Время испытания, ч	ψ, %	δ, %	Результат испытания
10	1215	16,1	11,5	Без разрушения
	943	24,6	20,2	
7	1393	0,3	0,2	
	1393	0,3	0,2	

Таблица 11 4 11 – Чувствительность к охрупчиванию при старении [8]

Время, ч	Температура, °С	KCU, Дж/см^2
Исходное состояние		274
5000	600	186-206
5000	650	176-196

Таблица 11 4 12 - Предел выносливости, ползучести и длительной прочности

Предел выносливости при изгибе [8] σ_{-1} = 279 МПа, n = 10^7

Усталостная прочность при изгибе (n = 10^6) на образцах [9] при 20 °С σ_{-1} = 285, при – 196 °С σ_{-1} = 475

Предел ползучести $\sigma^{650^0C}_{пол.1/10^5}$ = 29-39 МПа [8]

Предел длительной прочности $\sigma^{650^0C}_{д\,и\,10^4}$ = 78-98 МПа [8]

Таблица 11 4 13 – Относительное изменение механических свойств при отрицательных температурах (лист толщиной 12 мм) [10]

Термообработка	Температура испытания, °С	$\sigma_в$	$\sigma_{1,0}$	$\sigma_{0,2}$	δ	ψ	KCU, Дж/см^2
		МПа			%		
Закалка 1100 °С, воздух	20	660	275	250	58	72	310
	-70	1000	380	380	53	69	280
	-196	1520	450	450	43	55	250
	-253	1420	520	520	28	26	230
	-269	1650	590	540	30	20	-

Таблица 11 4 14 – Физические свойства при отрицательных температурах [10] (термообработка–1050-1100 °С)

Температура испытания, °С	Коэффициент линейного расширения $\alpha \cdot 10^6$ мм/мм град (погрешность < +5%)	Модуль нормальной упругости Е 10^{-4}, МПа
+27	16,2	15,1
+7	16	15 0
-13	15,7	14.8
-53	14,9	13,9
-73	14,5	13,1
-93	13,9	12,2
-113	13,3	11,4
-196	6,6	8,2
-253	0,8	3,7
-263	-	1,5

Таблица 11 4 15 – Жаростойкость стали [8]

Среда	Температура, °С	Группа стойкости или балл
Воздух	650	2-3
	750	4-5

Т а б л и ц а 11 4 16 – Технологические свойства [8]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, °С	1200
Минимальная температура конца ковки, °С, охлаждение на воздухе сечения до 300 мм	850
Свариваемость	Сваривается без ограничений
Обрабатываемость резанием	В закаленном состоянии НВ =169 и $\sigma_в$ = 62 кгс/см^2 $K_{V\ тв\ спл.}$ = 0,85 (твердый сплав), $K_{V\ б\ ст}$ = 0,35 (быстрорежущая сталь)

11.5 Сталь марки 12Х18Н10Т-ВД (аустенитного класса)

Таблица 11 5 1 – Химический состав (по ТУ 14-1-3581-83)

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P	Fe	Ti
не более					не более			
0,12	0,8	2,0	17,0-19,0	9,0-11,0	0,02	0,030	осн	5 С-0,8
Примечание - Остаточное содержание молибдена ≤ 0,2%								

Таблица 11 5 2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С				
			$\sigma_в$ Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$ Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2
			не менее				
Сортовой прокат Ø, Î до 200 мм, калиброванный Ø, Î до 70 мм, в т ч шестигранник со специальной отделкой поверхности до 25 мм	ТУ 14-1-3581-83 Контролируются неметаллические включения, стойкость к МКК	Без термообработки	На образцах (закалка 1050-1100 °С)				
			539 (55)	196 (20)	40	55	-
		Нагартованный	539 (55)	225 (23)	12-25	55	-
Поковки прямоугольные 140х500-800х1050-1400	ТУ 14-1-3549-83	Без термообработки	Не определяются				
Заготовка трубная Ø от 80 до 180мм	ТУ 14-1-868-83 Контролируются неметаллические включения, ферритная фаза, стойкость к МКК, УЗК	Закалка 1050-1080 °С, вода, воздух	530 (54)	-	40	-	-
Заготовка трубная Ø от 180 до 215 мм	ТУ 14-1-685-88 Контролируются неметаллические включения, ферритная фаза, стойкость к МКК, УЗК	Закалка 1050-1080 °С, вода, воздух	530 (54)	-	40	-	-
* Механические свойства при повышенных и низких температурах, физические и технологические свойства рекомендуется принимать как для стали 12Х18Н10Т.							

11.6 Сталь марки 10Х18Н10Т-ВД (ЭП 502-ВД) (аустенитного класса)

Таблица 11 6 1 – Химический состав (по ТУ 14-1-2787-79)

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P	Cu	Ti
не более					не более			
0,08-0,12	0,8	1,0	17,0-19,0	9,0-11,0	0,015	0,015	0,25	(C-0,02)-5-0,7

Таблица 11 6 2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке*

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С				
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2
			не менее				
Прутки горячекатаные Ø от 8 до 150 мм, кованые Ø от 150 до 200 мм	ТУ 14-1-2787-79 Гарантируются неметаллические включения, размер зерна, стойкость к МКК, ферритная фаза, волосовины	Без термообработки	На термообработанных образцах				
			490 (50)	204 (21)	40	55	-
			при 350 °С				
			353 (36)	176 (18)	30	40	-
Прутки Ø от 8 до 180 мм	ТУ 14-1-3329-82 Гарантируются неметаллические включения, стойкость к МКК	Без термообработки	На образцах (закалка 1050 -1080 °С)				
			592,2 (54)	196 (20)	40	55	-
			при 700 °С				
			-	98 (10)	-	-	-
Поковки-штанги Ø от180 до 250 мм	ТУ 14-1-887-74 Гарантируются неметаллические включения, стойкость к МКК	Без термообработки	На образцах (закалка 1050 -1080 °С)				
			529,2 (54)	196 (20)	40	55	
			при 700 °С				
			-	98 (10)	-	-	-
Лента толщиной от 0,1 до 1,2 мм	ТУ 14-1-2193-77 Гарантируются стойкость к МКК, размер зерна	Закалка 1050 -1070 °С, воздух	529,2 (54)	196 (20)	δ_4 35	-	-
			при 700 °С				
			274 (28)	-	δ_4 40	-	-
Лист толщиной от 0,8 до 3,9 мм	ТУ 14-1-2515-78 Гарантируются стойкость к МКК	Термообработка и травление	529,2 (54)	196 (20)	40	-	-
			при 700 °С				
			196 (20)	-	40	-	-
Заготовка трубная Ø от 8 до 180 мм	ТУ14-1-686-88	Закалка 1050 -1080°С, вода, воздух	529,2 (54)	196 (20)	40	-	-
			при 350 °С				
			343 (35)	176 (18)	40	-	-

* Механические свойства в зависимости от температуры, физические и технологические свойства рекомендуется принимать как для стали 12Х18Н10Т

11.7 Сталь марки 08Х18Н10Т (ЭИ 914) (аустенитного класса)

Таблица 11 7 1 – Химический состав (по ГОСТ 5632-72)

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P	Fe	Ti
не более								
0,08	0,8	2,0	17,0-19,0	9,0-11,0	0,02	0,035	осн	5 С-0,7

Таблица 11 7 2- Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С				Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$ Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	
			не менее				
Сортовой прокат Ø, ◊ до 200 мм, калиброванный Ø, ◊ до 70 мм, в т ч. шестигранник, со специальной отделкой поверхности, полоса	ГОСТ 5949-75	Без термообработки	-	-	-	-	-
		Закалка 1020-1100 °С, воздух, масло или вода	Диаметр (толщина) заготовки до 60мм				
			490 (50)	196 (20)	40	55	-
Калиброванный прокат Ø, ◊, шестигранник до 70 мм	ГОСТ 1051-73	Нагартованный термообработанный	-	-	-	-	Нормы твердости по соглашению сторон
Лист тонкий горячекатаный 1,5-3,9 мм, холоднокатаный 0,7 -3,9 мм*	ГОСТ 5582-75 Гарантируется стойкость к МКК	Закалка 1050-1080 °С, вода, воздух (М)	520 (53)	-	40	-	-
Лист толстый горячекатаный 4-50 мм, холоднокатаный 4-5 мм*	ГОСТ 7350-77 Гарантируется стойкость к МКК	Закалка 1000-1080 °С, вода, воздух	Для листов толщиной до 25 мм включительно				
			510 (52)	215 (22)	38	-	-
			Для листов толщиной более 25 мм определяются, но не нормируются				
		Нагартованные и полунагартованные	Свойства не нормируются, но определяются обязательно Нормы – по соглашению сторон				
Лента холоднокатаная от 0,05 до 2,0 мм	ГОСТ 4986-79 Гарантируется стойкость к МКК	Закалка 1050-1080 °С, вода, воздух	530 (54)	-	При толщине 0,2-2,0мм 40 при толщине менее 0,2 мм 20	-	-
		Нагартованная (Н) Полунагартованная (ПН)	Свойства по соглашению сторон				

Продолжение таблицы 11 7 2

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С				Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм² (кгс/мм²)	$\sigma_т$, Н/мм² (кгс/мм²)	δ_5, %	ψ, %	
			не менее				
Трубы бесшовные горячедеформированные Ø 57 -325 мм	ГОСТ 9940-81	В поставке (без термообработки)	510 (52)	-	40	-	-
Трубы бесшовные холодно- и теплодеформированные Ø от 5 до 273 мм	ГОСТ 9941-81	Термообработанные	549 (56)	-	37	-	-
Прутки нагартованные, термообработанные, шлифованные Ø 1,0-30 мм классов точности 3, 3а, 4, групп отделки поверхности В, Г, Д	ГОСТ 18907-73 Гарантируется стойкость к МКК	Термообработанные (ТП)	588-833 (60-85)	-	20	-	-
		Нагартованные (Н)	930 (95) для d<5мм, 880 (90) для d ≥5мм	-	-	-	-
Поковки Ø (толщиной) до 1000 мм	ГОСТ 25054-81	Закалка, 1050-1100 °С, вода, воздух	500 (51)	196 (20)	35-38	40-52	≤179НВ
Трубы бесшовные особотонкостенные Ø 4-75 мм	ГОСТ 10498-82 Гарантируются 1) МКК термообработанных труб 2) балл зерна 3)неметаллические включения	Термообработанные (до 80 мм). Без термообработки ≥ 80 мм	529 (54)	-	-	40	-
Трубы бесшовные для энергомашиностроения Химический состав C ≤ 0,08 Mn ≤ 1,5 Cr 17-19 Ni 10-11 Ti 5 C-0,6 S ≤ 0,02 P ≤ 0,035 N ≤ 0,05	ГОСТ 24030-80 Гарантируются. 1) стойкость к МКК 2) неметаллические включения	Термообработанные; Наружный диаметр, мм: До 76 включ	ГРУППА А				
			549 (56)	при 350 °С 176-343 (18-35)	37	$\sigma_{0,2}$ после термической обработки при 350 °С 176-323 (18-33)	
		Св 76		176-333 (18-34)		-	
		До 76 включ	ГРУППА Б				
			549 (56)	при 350 °С 176-343 (18-35)	37	$\sigma_{0,2}$ после термической обработки при 350 °С 147 (15)	
		Св 76				-	
Заготовка трубная Ø 190-250 мм с ограниченным содержанием Co ≤ 0,05 %	ТУ 14-1-2559-78 Гарантируются неметаллические включения, УЗК, стойкость к МКК, феррит	Без термообработки	510 (52)	206 (21) при 350 °С 137-294 (14-30)	40	-	-

Окончание таблицы 11 7 2

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С				Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$ Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	
			не менее				
Лист от 51 до 160 мм	ТУ 108-930-80 Поставщик «Ижорский завод» Гарантируется стойкость к МКК	Термообработка	Толщина от 51 до 60 мм включ				
			490 (50)	196 (20)	38	50	-
			Толщина от 60 до 100 мм включ				
			490 (50)	196 (20)	37	45	-
			Толщина от 100 до 160 мм				
			490 (50)	196 (20)	35	40	-
Лист от 4 до 50 мм	ТУ 108 1151-82 Гарантируется стойкость к МКК	Термообработка	Толщина до 25 мм включ.				
			510 (52)	205 (21)	43	-	-
			Для листов толщиной свыше 25 мм свойства не нормируются, но должны определяться				

Поковки (по рабочим чертежам)	ОСТ108 030 113-77 Поставщик «Ижорский завод» Гарантируется стойкость к МКК, УЗК, неметаллические включения	Закалка 1050-1100 °С	Толщина до 100 мм											
			490-686 (50-70)		196 (20)		35		55		131-196			
			Технологией обеспечивается $\sigma_{дп}$ в Н/мм^2 (кгс/мм^2) за 10 ч при температуре в °С											
		t, °С	550	560	570	580	590	600	610	620	630	640	650	
		$\sigma_{дп}$ Н/мм^2 (кгс/мм^2)	147 (15)	147 (15)	142 (14,5)	132 (13,5)	118 (12)	108 (11)	100 (10,2)	92 (9,4)	84 (8,6)	76 (7,8)	69 (7)	

* Для АЭС листы толщиной 3-3,9 мм поставляются по ТУ 14-1-5041-91, листы толщиной 4-50 мм – по ТУ 14-1-5040-91 с испытаниями механические свойства при 20 и 350 °С, определением количества феррита (1,8%), балла зерна, неметаллических включений, межкристаллитной коррозии, УЗК (по требованию) содержания кобальта (<0,05% по согласованию)

Поставщик. тонкого листа – Челябинский металлургический завод, толстого – Коммунарский металлургический комбинат

Механические свойства 08Х18Н10Т при нормальной и повышенной температурах по ОСТ 108 109 01-92 (см сталь 12Х18Н10Т)

Таблица 11 7 3 - Механические свойства (по СТ ЦКБА 010-2004)

Диаметр (толщина) заготовки, мм	Механические свойства при 20 °С				Твердость, НВ
	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	
	не менее				
До 60	490 (50)	196 (20)	40	55	От 121 до 179
Св 60 до 100			39	50	
Св 100 до 300			35	40	

Таблица 11 7.4 – Гарантированные механические свойства стали при высоких температурах [6]

Сортамент	Характеристика	Температура, °С												
		20	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
Прокат, поковки из него толщиной (диаметром) до 200 мм	$\sigma_в$ МПа (кгс/мм^2)	491 (50)	480 (49)	461 (47)	436 (44,5)	417 (42,5)	397 (40,5)	377 (38,5)	353 (36)	328 (33,5)	314 (32)	289 (29,5)	270 (27,5)	250 (25,5)
	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	196 (20)	191 (19,5)	189 (19,3)	186 (19)	181 (18,6)	176 (18)	172 (17,5)	167 (17)	162 (16,5)	157 (16)	152 (15,5)	150 (15,3)	147 (15)
	δ, %	38	37	36	33	31	28	26	25	22	20	20	20	20
	ψ, %	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Плиты, поковки из слитка, лист, штамповки толщиной (диаметром) до 200мм	$\sigma_в$ МПа (кгс/мм^2)	491 (50)	477 (48,7)	456 (46,5)	426 (43,5)	417 (42,5)	382 (39)	358 (36,5)	333 (34)	309 (31,5)	289 (29,5)	260 (26,5)	235 (24)	216 (22)
	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	196 (20)	193 (19,7)	186 (19)	181 (18,5)	176 (18)	167 (17)	162 (16,5)	157 (16)	152 (15,5)	144 (14,7)	137 (14)	132 (13,5)	127 (13)
	δ, %	35	34	33	31	29	27	26	25	24	23	22	22	21
	ψ, %	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
То же толщиной (диаметром) более 200 мм	$\sigma_в$ МПа (кгс/мм^2)	491 (50)	475 (48,5)	446 (45,5)	421 (43)	392 (40)	368 (37,5)	343 (35)	314 (32)	289 (29,5)	260 (26,5)	235 (24)	206 (21)	181 (18,5)
	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	196 (20)	191 (19,5)	181 (18,5)	172 (17,5)	164 (16,7)	152 (15,5)	147 (15)	137 (14)	132 (13,5)	123 (12,5)	113 (11,5)	103 (10,5)	98 (10)
	δ, %	35	34	33	31	29	27	26	25	24	23	22	22	21
	ψ, %	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Трубы	$\sigma_в$ МПа (кгс/мм^2)	510 (52)	471 (48)	461 (47)	441 (45)	421 (43)	421 (43)	412 (42)	412 (42)	402 (41)	382 (39)	353 (36)	333 (34)	304 (31)
	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	216 (22)	206 (21)	206 (21)	196 (20)	187 (19)	187 (19)	177 (18)	177 (18)	167 (17)	157 (16)	147 (15)	147 (15)	137 (14)
	δ, %	35	32	30	28	27	26	26	26	25	25	24	23	22
	ψ, %	55	55	55	54	54	53	52	51	50	48	47	45	40

Таблица 11 7.5 – Гарантированные значения пределов длительной прочности $\sigma_{дп}$, МПа (кгс/мм^2) [6]

Температура, °С	Время, ч									
	10	30	10^2	$3\ 10^2$	10^3	$3\ 10^3$	10^4	$3\ 10^4$	10^5	$2\ 10^5$
500	280,5 (28,6)	264,7 (27)	249,7 (25,5)	242,2 (24,7)	231,7 (23,6)	213 (21,7)	191 2 (19,5)	182,2 (18,6)	150,7 (15 4)	139,5 (14 2)
550	243 (24,8)	228 (23,2)	220,5 (22,5)	199,5 (20 3)	183,7 (18,7)	156 (15,9)	133 5 (13,6)	108 (11)	90 (9,2)	81 (8 2)
600	207 (21,1)	191,2 (19,5)	169,5 (17,3)	150,7 (15,4)	125 2 (12,8)	106,2 (10,8)	87,7 (8,9)	73 5 (7 5)	69,7 (7,1)	62,2 (6,3)

Таблица 11 7 6 – Средние значения условных пределов длительной прочности $\sigma_{д\,п}$, МПа (кгс/мм^2) [6]

Температура, °С	Время, ч									
	10	30	10^2	3 10^2	10^3	3 10^3	10^4	3 10^4	10^5	2 10^5
500	374 (38)	353 (36)	333 (34)	323 (33)	309 (32)	284 (29)	255 (26)	243 (25)	201 (21)	186 (19)
550	324 (33)	304 (31)	294 (30)	266 (27)	245 (25)	208 (21)	178 (18)	144 (15)	120 (12)	108 (11)
600	276 (28)	255 (26)	226 (23)	201 (21)	167 (17)	142 (14)	117 (12)	98 (10)	93 (9)	83 (8)

Таблица 11 7 7– Средние значения условных пределов длительной пластичности с $\sigma_{0\,2} \geq 216$ (22) и $\sigma_в \geq 529$ (54) МПа (кгс/мм^2) [6]

Температура, °С	Пластичность, %	Время, ч									
		10	30	10^2	3 10^2	10^3	3 10^3	10^4	3 10^4	10^5	2 10^5
550	δ	22	17	14	12	10,5	9	8	7,5	7	6,5
	ψ	34	29	24	21	18	16	14	14	14	14
600	δ	16	13	11	9,5	8,5	7,5	6,5	6,5	7	6,5
	ψ	40	32	26	21	17	17	17	18	20	21

Таблица 11 7 8 – Предел ползучести.[8]

Предел ползучести, МПа	Скорость ползучести, %/ч	Температура испытания, °С
74	1/100000	600
29-39		650

Таблица 11 7 9 - Ударная вязкость прутков сечением 12 мм [8]

Ударная вязкость, Дж/см^2	Температура, °С		Термообработка
	+25	-25	
KCV	216	181	Закалка 1050 °С, вода
KCU	167	147	

Таблица 11 7 10 – Технологические свойства [8]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, °С	1220
Минимальная температура конца ковки, °С, охлаждение на воздухе сечения до 300 мм	900
Свариваемость	РДС, АДС, АрДС, КТС и ЭШС
Плотность	7,9 г/см^3

11.8 Сталь марки 08Х18Н10Т-ВД (аустенитного класса)

Таблица 11 8 1 – Химический состав (по ТУ 14-1-3581-83)

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P	Mo	Ti	Fe
не более					не более		остаточный		
0,08	0,8	2,0	17,0-19,0	9,0-11,0	0,02	0,035	не более 0,2	5 С-0,7	осн
Химический состав по ТУ 14-1-2787-2004									
0,08	0,8	2,0	17,0-19,0	9,0-11,0	0,015	0,015	–	5 С-0,6	осн

Таблица 11 8 2- Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$ Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс м/см^2)	
			не менее					
Прутки Ø, мм до 200мм, калиброванный до 70 мм, со специальной отделкой поверхности до 25мм	ТУ 14-1-3581-83 Гарантируются неметаллические включения, МКК	Без термообработки	На термообработанных образцах (по ГОСТ 5949-75)					
			490 (50)	196 (20)	40	55	-	-
		Нагартованные	539 (55)	225 (23)	12-25	55	-	-
Прутки Ø, мм 8-200мм	ТУ 14-1-2787-2004 Гарантируются неметаллические включения, величина зерна, стойкость к МКК, ферритная фаза, волосовины	Без термообработки	На термообработанных образцах					
			490 (50)	205 (21)	40	55	-	-
			при 350 °С					
			350 (36)	176 (18)	30	40	-	-
Заготовки трубные Ø 80-180 мм	ТУ 14-1-686-88 Гарантируются неметаллические включения, ферритная фаза, стойкость к МКК, УЗК	Закалка 1050-1080 °С, вода, воздух	490 (50)	205 (21)	40	-	-	-
			при 350 °С					
			353 (36)	176 (18)	30	-	-	-
Заготовки трубные Ø 180-215 мм	ТУ 14-1-685-88 Гарантируются неметаллические включения, ферритная фаза, стойкость к МКК, УЗК	Закалка 1050-1080 °С, вода, воздух	490 (50)	205 (21)	40	-	-	-
			при 350 °С					
			353 (36)	176 (18)	30	-	-	-
Поковки Ø (толщиной) до 400 мм	ОСТ 108 030 113-77 Гарантируются неметаллические включения, балл зерна, стойкость к МКК	Закалка 1050-1100 °С	для Ø до 100 мм включ					
			490-686 (50-70)	196 (20)	35	55	78 (8,0)	131-196

Таблица 11 8 3 - Механические свойства (по СТ ЦКБА 010-2004)

Диаметр (толщина) заготовки, мм	Механические свойства при 20 °С				Твердость, НВ
	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм$^{2)}$	δ_5, %	ψ, %	
	не менее				
До 250	490 (50)	206 (21)	40	55	От 121 до 179

Таблица 11 8 4 – Гарантированные механические свойства при высоких температурах

НД на поставку	Сортамент	Диаметр (толщина) заготовки, мм	Температура, °С	Механические свойства (не менее)			
				$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %
				не менее			
ГУ 14-1-2787-2004	Заготовки из проката	до 250	20	490 (50)	206 (21)	40	55
			350	353 (36)	176 (18)	30	40
ТУ 14-1-686-88 ТУ 14-1-685-88	Заготовка трубная	от 80 до 215	20	490 (50)	206 (21)	40	-
			350	353 (36)	176 (18)	30	-

Технологические свойства рекомендуется принимать как для 08Х18Н10Т

11 9 Сталь марки 10Х17Н13М2Т (ЭИ 448) (аустенитного класса)

Таблица 11 9 1 – Химический состав (по ГОСТ 5632 72)

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P	Fe	Ti	Mo
не более					не более				
0,10	0,8	2,0	16 0 18,0	12,0 14,0	0,02	0,035	осн	5 С-0,7	2,0-3,0

Таблица 11 9 2 Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С				Твердость, НВ
			$\sigma_в$ Н/мм² (кгс/мм²)	$\sigma_т$ Н/мм² (кгс/мм²)	δ_5, %	ψ, %	
			не менее				
Сортовой прокат Ø, I до 200 мм, калиброванный Ø, I до 70 мм, в т ч шестигранник со специальной отделкой поверхности, полоса	ГОСТ 5949-75	Без термообработки		-	-	-	-
		Закалка 1050-1100 °С, воздух, масло или вода	Диаметр (толщина) заготовки до 60мм				
			510 (52)	215 (22)	40	55	-
Калиброванный прокат круглого, квадратного и шестигранного профиля размером до 70 мм	ГОСТ 1051 73	Нагартованный термообработанный	-	-	-		Нормы твердости по соглашению сторон
Лист тонкий горячекатаный 1,5 3,9 мм, холоднокатаный 0,7 -3,9 мм	ГОСТ 5582 75 Гарантируется стойкость к МКК	Закалка 1050-1080 °С, вода, воздух	530 (54)	-	38	-	-
Лист толстый 4-50 мм	ГОСТ 7350-77 гарантируется стойкость к МКК	Закалка 1030-1100 °С, вода	530 (54)	235 (24)	37	-	-
Лента холоднокатаная от 0,05 до 2,0 мм	ГОСТ 4986-79 Гарантируется стойкость к МКК	Закалка 1050-1080 °С, вода, воздух	530 (54)	-	При толщине 0,2-2,0мм 40, при толщине менее 0,2 мм 20	-	-
Проволока Ø 1-6 мм	ГОСТ 18143-72	Термообработанная	540-830 (55-85)	-	20-25	-	-
		Холодно тянутая	1080 1420 (110 145)	-	-	-	-
Трубы бесшовные горячедеформированные Ø 57 325 мм	ГОСТ 9940-81 ρ = 8 г/см³	В поставке	529 (54)	-	35		-

Окончание таблицы 11 9 2

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С				Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	
			не менее				
Трубы бесшовные холодно- и теплодеформированные Ø 5-273 мм	ГОСТ 9941-81 ρ = 8 г/см^3	Термообработанные	529 (54)	-	35	-	-
Поковки Ø (толщиной) до 1000 мм	ГОСТ 25054-81	Закалка 1050-1100 °С, вода, воздух	510 (52)	196 (20)	30-38	45-50	200

Таблица 11 9 3 – Гарантированные механические свойства при высоких температурах [6]

Сортамент	Характеристика	Температура, °С												
		20	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
Поковки и штамповки из слитков, листы, кованокатаные заготовки толщиной до 60 мм	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	510 (52)	491 (50)	432 (44)	421 (42)	392 (40)	392 (40)	353 (36)	353 (36)	333 (34)	333 (34)	323 (33)	304 (31)	255 (26)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	196 (20)	186 (19)	186 (19)	186 (19)	177 (18)	177 (18)	177 (18)	177 (18)	147 (15)	147 (15)	118 (12)	118 (12)	108 (11)
	δ, %	37	36	33	29	27	25	23	22	21	21	21	21	21
	ψ, %	50	50	50	50	50	48	48	47	47	45	45	43	40
То же толщиной более 60 до 300 мм	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	510 (52)	491 (50)	432 (44)	412 (42)	392 (40)	392 (40)	353 (36)	353 (36)	333 (34)	333 (34)	323 (33)	304 (31)	255 (26)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	196 (20)	186 (19)	186 (19)	186 (19)	177 (18)	177 (18)	177 (18)	177 (18)	147 (15)	147 (15)	118 (12)	118 (12)	108 (11)
	δ, %	33	32	29	26	24	22	20	20	19	19	19	19	19
	ψ, %	40	40	40	40	40	38	38	38	38	36	36	34	32
Трубы	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	530 (54)	510 (52)	451 (46)	432 (44)	412 (42)	412 (42)	363 (37)	363 (37)	343 (35)	343 (35)	333 (34)	314 (32)	314 (32)
	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	333 (35)	333 (34)	333 (34)	333 (34)	314 (32)	314 (32)	314 (32)	314 (32)	255 (26)	255 (26)	196 (20)	196 (20)	196 (20)
	δ, %	35	34	30	27	26	24	21	21	20	20	20	20	20
	ψ, %	50	50	50	50	49	48	47	46	45	44	43	41	36
Листы толщиной от 0,5 до 160 мм	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	530 (54)	510 (52)	451 (46)	432 (44)	412 (42)	412 (42)	363 (37)	363 (37)	343 (35)	343 (35)	333 (34)	314 (32)	265 (27)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	235 (24)	226 (23)	226 (23)	226 (23)	216 (22)	216 (22)	216 (22)	216 (22)	177 (18)	177 (18)	137 (14)	137 (14)	137 (14)
	δ, %	37	36	32	29	27	25	22	22	21	21	21	21	21
	ψ, %	40	40	40	40	40	38	38	38	38	36	36	34	32

Таблица 11.9.4 – Гарантированные значения пределов длительной прочности $\sigma_{д.п.}$, МПа (кгс/мм^2) [6]

Температура, °С	Время, ч									
	10	30	10^2	$3 \cdot 10^2$	10^3	$3 \cdot 10^3$	10^4	$3 \cdot 10^4$	10^5	$2 \cdot 10^5$
550	191 (19,5)	176 (18)	162 (16,5)	147 (15)	132 (13,5)	121 (12,3)	110 (11,2)	97 (9,9)	88 (9,0)	8,0 (8,2)
600	165 (16,8)	152 (15,5)	139 (14,2)	124 (12,7)	114 (11,6)	100 (10,1)	84 (8,6)	73,5 (7,5)	62 (6,3)	58 (5,9)

Таблица 11.9.5 – Средние значения условных пределов длительной прочности $\sigma_{д.п.}$, МПа (кгс/мм^2) [6]

Температура, °С	Время, ч									
	10	30	10^2	$3 \cdot 10^2$	10^3	$3 \cdot 10^3$	10^4	$3 \cdot 10^4$	10^5	$2 \cdot 10^5$
500	304 (31)	284 (29)	265 (27)	250 (25,5)	235 (24)	216 (22)	201 (20,5)	176 (18)	157 (16)	147 (15)
550	255 (26)	235 (24)	216 (22)	196 (20)	176 (18)	162 (16,5)	147 (15)	129 (13,2)	118 (12)	108 (11)
600	221 (22,5)	203 (20,7)	186 (19)	167 (17)	152 (15,5)	132 (13,5)	113 (11,5)	98 (10)	83 (8,5)	74 (7,9)

Таблица 11.9.6 – Технологические свойства [8]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, °С	1180
Минимальная температура конца ковки, °С, охлаждение на воздухе сечения до 300 мм	850
Свариваемость	Сваривается без ограничений
Обрабатываемость резанием	

11.10 Сталь марки 10Х17Н13М3Т (ЭИ 432) (аустенитного класса)

Таблица 11.10.1 – Химический состав (по ГОСТ 5632-72)

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	Mo	Fe	S	P
не более								не более	
0,10	0,8	2,0	16,0-18,0	12,0-14,0	5 С-0,7	3,0-4,0	осн	0,02	0,035

Таблица 11.10.2- Сортамент НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С				Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$ Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	
			не менее				
Сортовой прокат Ø, l до 200 мм; калиброванный Ø, l до 70 мм, в т ч. шестигранник, со специальной отделкой поверхности, полоса	ГОСТ 5949-75	Без термообработки	-	-	-	-	-
		Закалка 1050-1100 °С, воздух, маслю или вода	Диаметр (толщина) заготовки до 60мм				
			530 (54)	196 (20)	40	50	-
Поковки Ø (толщиной) до 1000 мм	ГОСТ 25054-81	Закалка 1050-1100 °С, вода, воздух	510 (52)	196 (20)	30-38	40-50	200
Лента холоднокатаная от 0,05 до 2,0 мм	ГОСТ 4986-79 Гарантируется стойкость к МКК	Закалка 1050-1080 °С, вода, воздух	530 (54)	-	При толщине 0,2-2,0 40 при толщине менее 0,2 мм 20	-	-
Лист тонкий горячекатаный 1,5- 3,9 мм, холоднокатаный 0,7 -3,9 мм	ГОСТ 5582-75 Гарантируется стойкость к МКК по ГОСТ 6032	Закалка 1050-1080 °С, вода, воздух	530 (54)	-	38	-	-
Лист толстый 4-50 мм	ГОСТ 7350-77 гарантируется стойкость к МКК	Закалка 1030-1080 °С, вода	530 (54)	235 (24)	37	-	-
Проволока Ø 1-6 мм	ГОСТ 18143-72	Термообработанная	540-830 (55-85)	-	20-25	-	-
		Холоднотянутая	1080-1420 (110-145)	-	-	-	-

Таблица 11.10.3 - Механические свойства (по СТ ЦКБА 010-2004)

Диаметр (толщина) заготовки, мм	Механические свойства при 20 °С				Твердость, НВ
	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	
	не менее				
До 60	510 (52)	216 (22)	40	55	От 121 до 179
Св 60 до 100			39	50	
Св 100 до 300			38	45	

Таблица 11.10.4 – Расчетные механические свойства (лист толстый) при высоких температурах * [14]

Характеристика	Температура, °С										
	20	100	150	200	250	300	350	375	400	410	420
$\sigma_в$ МПа (кгс/см^2)	540 (5400)	500 (5000)	475 (4750)	450 (4500)	443 (4430)	440 (4400)	438 (4380)	437 (4370)	436 (4360)	434 (4340)	430 (4300)
$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/см^2)	240 (2400)	228 (2280)	219 (2190)	210 (2100)	204 (2040)	195 (1950)	190 (1900)	186 (1860)	181 (1810)	180 (1800)	180 (1800)
$\sigma_{1,0}$ МПа (кгс/см^2)	276 (2760)	261 (2610)	252 (2520)	240 (2400)	231 (2310)	222 (2220)	216 (2160)	210 (2110)	205,5 (2050)	204 (2040)	199,5 (1995)
Характеристика	Температура,										
	430	440	450	460	470	480	490	500	510	520	550
$\sigma_в$ МПа (кгс/см^2)	431 (4320)	430 (4300)	428 (4280)	436 (4360)	424 (4240)	422 (4220)	421 (4210)	420 (4200)	418 (4118)	416 (4160)	412* (4120)
$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/см^2)	179 (1790)	177 (1770)	176 (1760)	174 (1740)	173 (1730)	173 (1730)	171 (1710)	170 (1700)	168 (1680)	168 (1680)	167 (1670)
$\sigma_{1,0}$ МПа (кгс/см^2)	201 (2010)	199,5 (1995)	198 (1980)	196,5 (1965)	195 (1950)	193,5 (1935)	192 (1920)	190,5 (1905)	189 (1890)	187,5 (1875)	186 (1860)
* Для расчетной температуры 530 °С											

Таблица 11.10.5 – Механические свойства в зависимости от температуры испытания [15]

Температура испытания, °С	$\sigma_в$, кгс/мм^2	$\sigma_{0,2}$ кгс/мм^2	δ_5, %	ψ, %
538	51,5	14,2	46,0	65,0
598	48,5	14,7	48,0	65,0
648	42,5	14,6	40,5	51,0
704	35,0	13,1	43,0	50,0
760	27,3	12,5	49,5	58,0
815	22,0	12,3	54,5	63,0

Т а б л и ц а 11.10.6 – Жаропрочные свойства при длительных сроках службы [15]

t, °С	Предел длительной прочности (σд.п), кгс/мм^2 при времени до разрушения, ч						Предел ползучести σпл., кгс/мм^2 при скорости деформации за 1000 ч, %	
	100	300	500	1 000	10 000	100 000	0,01	0,1
538	-	-	-	-	-	-	10	17
593	-	-	-	-	-	-	8,4	14,6
648	22	19,6	18,9	18,2	14,0	11,2	4,75	10,0
704	16,4	15,5	14,0	12,6	8,4	6,22	3,0	6,44
760	11	9,3	8,4	7,3	4,9	2,98	1,96	4,42
815	7,7	6,6	6,1	4,9	2,3	1,12	1,25	2,94
871	5,2	4,2	3,9	3,0	-	-	-	-
981	1,9	1,3	1,0	0,84	-	-	-	-

Таблица 11.10.7 – Технологические свойства

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, °С	1160
Минимальная температура конца ковки, °С,	850
Свариваемость	Сваривается без ограничения
Обрабатываемость резанием	-

11.11 Сталь марки 08Х17Н15М3Т (ЭИ 580) (аустенитного класса)

Таблица 11.11.1 – Химический состав (по ГОСТ 5632-72)

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	Mo	Fe	S	P
не более								не более	
0,08	0,8	2,0	16,0-18,0	14,0-16,0	0,3-0,6	3,0-4,0	осн	0,02	0,035

Таблица 11.11.2- Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$ Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс м/см^2)	
			не менее					не более
Сортовой прокат Ø, $\bar{1}$ до 200 мм, калиброванный Ø, $\bar{1}$ до 70 мм, в т ч шестигранник, со специальной отделкой поверхности, полоса	ГОСТ 5949-75	Без термообработки	-	-	-	-	-	-
		Закалка 1050-1100 °С, вода, воздух, масло	Диаметр (толщина) заготовки до 60мм					
			490 (50)	196 (20)	35	45	-	-
Лист толстый 4-50 мм	ГОСТ 7350-77 гарантируется стойкость к МКК	Закалка 1030-1080 °С, вода, воздух	Толщина до 25 мм включ.					
			510 (52)	196 (20)	40	-	-	-
Лист тонкий горячекатаный 1,5- 3,9 мм, холоднокатаный 0,7 -3,9 мм	ГОСТ 5582-75 Гарантируется стойкость к МКК	Закалка 1050-1080 °С, вода, воздух	530 (54)	-	35	-	-	-
Поковки диаметром (толщиной) до 1000 мм	ГОСТ 25054-81	Закалка 1050-1100 °С, вода, воздух	490 (50)	196 (20)	30-38	40-50	-	-
Трубы бесшовные горячедеформированные Ø 57-325 мм	ГОСТ 9940-81 ρ = 8,1 г/см^3	В поставке	510 (52)	-	35	-	-	-
Трубы бесшовные холодно- и теплодеформированные Ø 50-273мм	ГОСТ 9941-81 ρ = 8,1 г/см^3	Термообработанные	549 (56)	-	35	-	-	

Таблица 11.11.3 - Механические свойства (по СТ ЦКБА 010-2004)

Диаметр (толщина) заготовки, мм	Механические свойства				Твердость, НВ
	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	
	не менее				
До 300	490 (50)	196 (20)	35	45	200

Таблица 11.11.4 – Расчетные механические свойства (лист толстый) при высоких температурах [14]

Характеристика	Температура, °С										
	20	100	150	200	250	300	350	375	400	410	420
$\sigma_в$, МПа (кгс/см^2)	520 (5200)	480 (4800)	455 (4550)	430 (4300)	424 (4240)	417 (4170)	408 (4080)	405 (4050)	402 (4020)	400 (4000)	398 (3980)
$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/см^2)	200 (2000)	195 (1950)	180 (1800)	173 (1730)	165 (1650)	150 (1500)	137 (1370)	133 (1330)	129 (1290)	129 (1290)	128 (1280)
$\sigma_{1,0}$ МПа (кгс/см^2)	252 (2520)	234 (2340)	222 (2220)	210 (2100)	198 (1980)	184,5 (1845)	169,5 (1695)	162 (1620)	154,5 (1545)	153 (1530)	151 5 (1515)
Характеристика	Температура, °С										
	430	440	450	460	470	480	490	500	510	520	530
$\sigma_в$ МПа (кгс/см^2)	396 (3960)	394 (3940)	392 (3920)	390 (3900)	388 (3880)	386 (3860)	385 (3850)	383 (3830)	381 (3810)	380 (3800)	374 (3740)*
$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/см^2)	127 (1270)	126 (1260)	125 (1250)	125 (1250)	124 (1240)	123 (1230)	122 (1220)	122 (1220)	120 (1200)	119 (1119)	119 (1119)
σ_1 МПа (кгс/см^2)	150,75 (1508)	150 (1500)	148,5 (1485)	147 (1470)	146 (1460)	145 5 (1455)	144 (1440)	142,5 (1425)	141 (1410)	139,5 (1395)	138 (1380)

* Для расчетной температуры 550 °С

11.12 Сталь марки 45Х14Н14В2М (ЭИ 69) (аустенитного класса)

Таблица 11.12.1 – Химический состав (по ГОСТ 5632-72)

В процентах

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	W	Mo	Fe
	не более								
0,4-0,5	0,8	0,7	0,02	0,035	13,0-15,0	13,0-15,0	2,0-2,8	0,25-0,4	Осн

Таблица 11.12.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс м/см^2)	
			не менее					
Сортовой прокат Ø, ⌑ до 200 мм, калиброванный прокат Ø, ⌑ до 70 мм, шестигранник со специальной отделкой поверхности, полоса	ГОСТ 5949-75	Отпуск 810-830 °С, воздух	710 (72)	315 (32)	20	35	-	285-197
Калиброванный прокат Ø, ⌑ до 70 мм	ГОСТ 1051-73	Нагартованный	-	-	-	-	-	По соглашению сторон
		Термообработанный	-	-	-	-	-	285-197
Сортовой прокат Ø до 180 мм	ТУ 14-1--1671-76	Отжиг 810-830 °С (для холодной обработки)	На образцах					
			710 (72)	315 (32)	20	35	49 (5)	285-197
		Для горячей обработки без термообработки	-	-	-	-	-	-

Таблица 11.12.3 - Гарантированные механические свойства при высоких температурах [6]

Сортамент	Характеристика	Температура t, °С											
		20	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550
Сортовой прокат Ø, ⌑ или толщиной до 60 мм, калиброванный Ø, ⌑ до 70 мм	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	706 (72)	667 (68)	638 (65)	608 (62)	598 (61)	589 (60)	569 (58)	549 (56)	549 (56)	540 (55)	530 (54)	520 (53)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	314 (32)	294 (30)	294 (30)	294 (30)	294 (30)	275 (28)	265 (27)	245 (25)	245 (25)	235 (24)	226 (23)	216 (22)
	δ %	20	20	20	20	20	20	20	17	15	14	13	12
	ψ, %	35	35	35	35	35	35	35	35	32	30	27	23
Сортовой прокат Ø, ⌑ свыше 60 мм до 100 мм	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	706 (72)	667 (68)	638 (65)	608 (62)	598 (61)	589 (60)	569 (58)	549 (56)	549 (56)	540 (55)	530 (54)	520 (53)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	314 (32)	294 (30)	294 (30)	294 (30)	294 (30)	275 (28)	265 (27)	245 (25)	245 (25)	235 (24)	226 (23)	216 (22)
	δ, %	19	19	19	19	19	19	19	16	14	13	12	11
	ψ, %	30	30	30	30	30	30	30	30	27	26	23	20
То же более 100 мм до 150 мм	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	706 (72)	667 (68)	638 (65)	608 (62)	598 (61)	589 (60)	569 (58)	549 (56)	549 (56)	540 (55)	530 (54)	520 (53)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	314 (32)	294 (30)	294 (30)	294 (30)	294 (30)	275 (28)	265 (27)	245 (25)	245 (25)	235 (24)	226 (23)	216 (22)
	δ, %	17	17	17	17	17	17	17	14	13	12	11	10
	ψ, %	25	25	25	25	25	25	25	25	23	21	19	16

Таблица 11.12.4 – Механические свойства при испытании на длительную прочность по ГОСТ 5949-75

Термообработка	Температура t, °С	Предел длительной прочности σд п , Н/мм^2 (кгс/мм^2), за время, ч, не менее		Предел ползучести σпол., Н/мм^2 (кгс/мм^2), соответствующей 1% общей деформации за время, ч, не менее	
		10 000	100 000	10 000	100 000
Закалка 1175 °С, вода	600	177 (18)	147 (15)	177 (18)	78 (8)
Старение 750 °С, 5 ч, воздух	700	22 (2,3)	-	36 (3,7)	15 (1,6)

Таблица 11.12.5 – Пределы длительной прочности и ползучести*, МПа [11]

Температура t, °С	$\sigma_{д\,п\,10\,000}$	$\sigma_{д\,п\,10\,0000}$	$\sigma_{пол\,1/10^4}$	$\sigma_{пол.1/10^5}$
600	180	80	180	150
650	80	40	130	100
700	37	16	26	-
* При длительности испытания в течение 1500 ч при температуре 700 °С относительное удлинение составляет 6%				

Таблица 11.12.6 – Предел выносливости, продольные образцы [11]

σ_{-1} на базе 5 10^7 циклов, МПа		σ_{-1} на базе 5 10^7 циклов, МПа	
образец гладкий	образец с надрезом	образец гладкий	образец с надрезом
t = 550 °С		t = 600 °С	
340	190	320	230

Таблица 11.12.7 – Чувствительность к охрупчиванию при старении [22]

Время, ч	Температура t, °С	KCU, кгс м/см^2
Исходное состояние		9,8
1000	500	8,0
1000	600	6,0
1000	700	7 0

Таблица 11.12.8 – Ударная вязкость при низких температурах после длительного старения при температуре 670 °С (азотирование) [17]

Состояние материала	KCU кгс м/см^2, при температуре t, °С				
	20	- 30	- 78	- 120	- 196
Исходное	13 80	14,70	9 90	9,60	6,15
670 °С 70 ч	10,40	6 90	5,40	3 80	2,30

Таблица 11.12.9 – Физические свойства [11]

Температура t, °С	Модуль нормальной упругости Е 10^5, МПа	Температура t, °С	Коэффициент линейного расширения α 10^6 $К^{-1}$	Плотность, г/см^3
20	2,12	20-300	17 0	8,0
100	2,00	20-500	18,0	
200	1 94	20-700	18 0	
300	1,85	20-900	19,0	
400	1,76	-	-	
500	1,69	-	-	
600	1,60	-	-	
700	1 52	-		

Таблица 11.12.10 – Технологические свойства [22]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, °С	1160
Минимальная температура конца ковки, °С	850
Свариваемость	Не применяется для сварных конструкций
Обрабатываемость резанием	В закаленном состоянии НВ = 200 и $\sigma_в$ = 74 кгс/мм^2 Kv = 0 15 (быстрорежущая сталь)

11.13 Сталь марки 09Х14Н16Б (ЭИ 694) (аустенитного класса)

Таблица 11.13.1 - Химический состав стали (по ГОСТ 5632-72)

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Ni	Nb	S	P	Fe
	не более					не более		
0,07-0,12	0,6	1,0-2,0	13,0-15,0	14,0-17,0	0,9-1,3	0,02	0,035	Осн

Таблица 11.13.2 - Сортамент НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс м/см^2)	
			не менее					
Сортовой прокат Ø, ⌐ до 200 мм, калиброванный Ø⌐ до 70 мм, со специальной отделкой поверхности, полоса	ГОСТ 5949-75	Отпуск	-	-	-	-	-	не более 321
		Закалка 1110-1130 °С, воздух	Диаметр (толщина) до 60 мм					-
			490 (50)	196 (20)	35	50	10 (справочное)	

Таблица 11.13.3 – Механические свойства (по СТ ЦКБА 010-2004)

Диаметр (толщина) заготовки, мм	Механические свойства				Твердость, НВ
	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	δ_5 %	ψ, %	
	не менее				
До 60	490 (50)	196 (20)	35	50	От 131 до 156

Таблица 11.13.4 - Механические свойства при высоких температурах [11] (закалка 1140-1160 °С, вода, пруток)

Температура t, °С	$\sigma_в$, МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ_5, %	ψ, %	KCU, кДж/м^2
20	570	250	51	73	2100
600	400	180	32	61	3300
650	360	160	33	60	-
700	330	160	32	51	3300

Таблица 11.13.5 - Жаропрочные свойства при длительных сроках службы, МПа, [11] (пруток, закалка 1140 °С, вода)

Температура t, °С	σд п.$_{10\,000}$	σд п.$_{10\,0000}$	σпол.$_{1/10^4}$	σпол.$_{1/10^5}$
600	170	120	160	100
650	110	77	100	65
700	65	40	55	37

Таблица 11.13.6 – Чувствительность к охрупчиванию при старении [30]

Температура t, °С	Время выдержки, ч	KCU, кгс м/см^2	Твердость, НВ
Исходное состояние		21 0	147
600	1000	17 5	152
600	3500	14,0	154
600	500	13 5	157
650	500	15,0	147
650	2500	16,5	143
650	5000	13 0	-
700	1000	15,5	154
700	2500	14,0	144

Таблица 11.13.7 – Физические свойства [11]

Температура t, °С	Коэффициент линейного расширения $\alpha\ 10^6$, $К^{-1}$	Температура t, °С	Коэффициент линейного расширения $\alpha\ 10^6$, $К^{-1}$	Плотность, $г/см^3$
20-100	15,20	200-500	17,96	7,94
20-200	16,50	20-600	18,41	
20-300	17,10	20-700	18,91	
20-400	17,55	20-800	20,60	

Таблица 11.13.8 – Технологические свойства [11]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, °С	1150
Минимальная температура конца ковки, °С	900
Свариваемость	Удовлетворительная

11.14 Сталь марки 09Х14Н19В2БР (ЭИ 695Р) (аустенитного класса)

Таблица 11.14.1 - Химический состав (по ГОСТ 5632-72)

В процентах

C	Si	Mn	S	P	B	Ce	Cr	Ni	W	Nb	Fe
не более											
0,07-0,12	0,6	2,0	0,02	0,035	0 005	0 02	13,0-15,0	18 0-20,0	2,0-2,8	0,9-1,3	Осн

Таблица 11.14.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер Заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С				Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$ Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	
			не менее				
Сортовой прокат Ø до 200 мм, калиброванный Ø до 70 мм, со специальной отделкой поверхности, полоса	ГОСТ 5949-75	Закалка 1140-1160 °С, воздух	510 (52)	215 (22)	35	50	150-200 (справочное)

Таблица 11.14.3 – Механические свойства (по СТ ЦКБА 010-2004)

Диаметр (толщина) заготовки. мм	Механические свойства				Твердость, НВ
	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ %	
	не менее				
До 60	510 (52)	216 (22)	35	50	От 131 до 136

Таблица 11.14.4 - Механические свойства при высоких температурах [11] (закалка 1100-1150 °С, продольные образцы)

Температура t, °С	$\sigma_в$, МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ_5, %	ψ, %	KCU, кДж/м^2
Прутки Ø 18-45 мм Трубная заготовка Ø 105 и 175 мм.**					
20*	480	200	42	61	1400
300	400	130	30	50	2500
400	400	130	32	57	2800
500	400	130	28	57	3500
600	400	130	27	47	1900
650	350	130	24	49	1900.
700	310	110	25	46	1200
750	250	110	43	74	3200
800	185	110	52	75	3100

* НВ 131

** Поперечные образцы при 20 °С имеют $\sigma_в$ = 520 МПа, δ_5 =21%, ψ = 24 %, KCU =420 кДж/м^2

Таблица 11.14.5 - Пределы длительной прочности и ползучести (пруток) МПа, [11]

Температура t, °С	$\sigma_{д\,и\,10\,000}$	$\sigma_{д\,и\,10\,0000}$	$\sigma_{пол\,1/10^4}$	$\sigma_{пол\,1/10^5}$
600	270	200	-	-
650	168	130	110	140
700	125	95	65	85
750	70	55	-	-

Таблица 11.14.6 – Механические свойства (прутки, продольные образцы) при 20 °С после старения при различных температурах и времени выдержки, термообработка 1050-1150 °С, вода [11]

Режим старения		$\sigma_в$, МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ_5, %	ψ, %	KCU, кДж/м^2	Твердость, НВ
$t_{ст}$, °С	время, ч						
Исходное состояние		635	285	44	69	1750	143
600	5 000	-	-	-	-	1370	156
650	5 000	660	310	40	57,5	1200	160
650	10 000	660	290	39	595	1000	-
700	5 000	657	303	35	54	1200	-
700	10 000	655	277	38	59	1200	-
750	5 000	629	250	40	57	1300	-
750	10 000	633	285	38	64	1400	-
800	5 000	585	263	38	53	1300	-
800	10 000	607	290	39	65	1530	-

Таблица 11.14.7 – Физические свойства [11]

Температура t, °С	Модуль нормальной упругости E 10^{-5}, МПа	Температура t, °С	Коэффициент линейного расширения $\alpha \cdot 10^6$, $К^{-1}$	Плотность, г/см^3
20	2,07	20-100	15,9	8,12
550	1,63	20-200	16,5	
600	1,58	20-300	17,2	
650	1,54	20-400	16,6	
700	1,51	20-500	18,0	
-	-	20-600	18,3	
-	-	20-700	18,6	

Таблица 11.14.8 – Технологические свойства [11]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, °С	1150-1180
Минимальная температура конца ковки, °С	900
Свариваемость	Сталь трудно сваривается. Сварка прочно-плотных швов арматуры – не рекомендуется
Обрабатываемость резанием	При НВ=200 и $\sigma_в$=52 кгс/мм^2 Kv = 1,00 (твердый сплав) Kv = 0,35 (быстрорежущая сталь)

11.15 Сталь марки 10Х11Н23Т3МР (ЭП 33, ЭИ 696М) 10Х11Н23Т3МР-ВД (ЭП 33-ВД) (аустенитного класса)

Таблица 11 15 1 - Химический состав (по ГОСТ 5632-72)

В процентах

C	Si	Mn	Al	S	P	B	Cr	Ni	W	Nb	Fe
не более											
0,1	0,6	0,6	0,8	0,01	0,025	0,02	10,0-12,5	21,0-25,0	2,6-3,2	1,0-1,6	Осн

Таблица 11 15 2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс м/см^2)	
			не менее					
Сортовой прокат Ø,Т до 200 мм, калиброванный Ø,Т до 70 мм, со специальной отделкой поверхности, полоса из ЭП 33*	ГОСТ 5949-75	I вариант Закалка 1100-1170 °С, воздух, масло, старение 700-750 °С 15-25 ч, воздух	На образцах					
			880 (90)	590 (60)	8	10	29(3)	-
		II вариант Закалка 950-1050 °С, масло, старение 730-780 °С 16 ч, старение 600-650 °С 10-16 ч, воздух	На образцах					
			980 (100)	685 (70)	10	12	29(3)	-
Прутки и шайбы Ø,Т до 200 мм	ТУ 14-1--312-72	Закалка 110-1170 °С, старение 800 °С 16-25ч	На образцах					
			(90)	(60)	8	10-12**	(3)	255-321
		Закалка 950-1050 °С, старение 730-780 °С, 16 ч, старение 600-650 °С 10-16 ч	На образцах					
			(100)	(70)	12	12**/14	(3)	302-363
Калиброванный прокат, шестигранник со специальной отделкой поверхности (шестигранник от 8 до 36 мм) (ЭП 33, ЭК 33-ВД, 696М)	ТУ 14-1--3957-85	Нагартованный	-	-	-	-	-	Не более 269
		Закалка 1000-1100 °С, 12 ч, масло, старение 750-780 °С, 16 ч, старение 640-660 °С 16 ч	На образцах					
			1080 (110)	785 (80)	13	20	40 (4)	285-341
Проволока пружинная Ø от 2 до 5 мм (ЭП 33, ЭП 33-ВД)	ТУ 14-1--929-74	Поставляется нагартованная	-	-	-	-	-	-
		Старение 700 °С, 5 ч, + 20% нагартовки	На образцах					
			(100)	-	(30)	-	-	-
		40% нагартовки	(110)	-	(30)	-	-	-

Окончание таблицы 11 15 2

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, кДж/м^2	
			не менее					
Поковки Ø 180-400 мм, Ø 200-350 мм (ЭП 33, ЭП 33-ВД)	ТУ 14-1--2902-80	Закалка, старение ЭП33	(90)	(60)	8	10	(3)	Ø отпечатка 3,4-3,8
				750 °С σд п 30 за 50 ч;			700 °С σд п.40 за 100 ч;	
		ЭП 33-ВД	(90)	(60)	8	10	(3)	Ø отпечатка 3,4-3,8
			750 °С σд п (40) за 100 ч,					
		Закалка, двойное старение ЭП33	На образцах					
			(100)	(70)	10	12	(3)	Ø отпечатка 3,2-3,5
			600 °С σд п (58) за 50 ч;					
		ЭП 33-ВД	(100)	(70)	12	14	(3)	Ø отпечатка 3,2-3,5
			600 °С σд п (50) за 58 ч;					
Лист 4-11 мм (ЭП 696М, ЭП 696М-ВД)	ТУ 14-1--526-72	Закалка 980-1000 °С	Не более (75)	-	35	-	-	-
Лист 4-11 мм (ЭП 33, ЭП 33-ВД)	ТУ 14-1--2478-78		На образцах (закалка +700 –750 °С, 8 ч)					
			(100)	(70)	20	-	-	-
			При 700 °С					
			(70)	-	10	-	-	-

* Прокат шлифованный Ø 2-5 мм поставляется по ТУ 14-1-1116-74 (для пружин, работающих при высоких температурах)

** Стали ЭП-33 ВД.

Таблица 11 15 3 – Механические свойства (по СТ ЦКБА 010-2004)

Диаметр (толщина) заготовки, мм	Механические свойства					Твердость, НВ
	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, кДж/м^2 (кгс м/см^2)	
	не менее					
До 100	980 (100)	734 (80)	20	25	490 (5)	От 285 до 341

Примечание - Термообработка – закалка 1090-1110 °С, масло, двойное старение – 780 °С, 16 ч + 650 °С, 16 ч (СТ ЦКБА 016-2005)

Таблица 11.15 4 - Релаксационная стойкость [31]

Температура t, °С	σ_0, кгс/мм^2	$\sigma_{ост}$, кгс/мм^2, за время, ч				
		1 000	3 000	5 000	10 000	12 000
450	25	23,7	23,5	23,2	22,8	-
	35	32,7	32,6	31,5	30,0	-
	45	42,2	42,1	41,5	40,0	-
500	25	23,0	22,9	22,8	22,6	22,4
	35	32,1	31,8	31,3	31,3	31,2
	45	41,2	41,0	40,7	40,1	40,0

Окончание таблицы 11.15.4

Температура t, °С	σ_o, кгс/мм^2	$\sigma_{ост}$, кгс/мм^2, за время, ч				
		1 000	3 000	5 000	10 000	12 000
650	15	10,9	9,5	9,0	-	-
	25	14,5	11,7	10,3	7,8	7,1
	35	18,6	14,8	12,6	8,8	8,2
	45	23,1	17,8	15,7	11,5	10,9

Таблица 11.15.5 - Механические свойства при высоких температурах [32]

Режим термообработки	Температура t, °С	$\sigma_в$, кгс/мм^2	$\sigma_{0,2}$, кгс/мм^2	δ_5, %	ψ, %
Закалка 1000 °С, 3 ч, масло, старение 750 °С, 16 ч + 630 °С, 18 ч	20	100-145	91	23	42
	500	111	91	17	35
	600	102	88	20	43
	700	83	79	14	15

Таблица 11.15.6 - Предел длительной прочности [31]

Температура t, °С	$\sigma_{дп\ 10\ 000}$, кгс/мм^2	$\sigma_{дп\ 25\ 0000}$, кгс/мм^2
500	50	47,5
600	32,5	31,0
700	15,0	-

Таблица 11.15.7 – Механические свойства при отрицательных температурах [28]

Режим термообработки	Температура t, °С	$\sigma_в$, МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ_5, %	ψ, %	KCV, МДж/м^2
		не менее				
Ковка+старение 700 °С, 16 ч	+ 20	1410	1170	20	53	1,10
	- 196	1810	1490	29	43	1,20

Таблица 11.15.8 – Физические свойства [11]

Температура t, °С	Коэффициент линейного расширения $\alpha \cdot 10^6$, мм/мм град	Температура t, °С	Модуль нормальной упругости E 10^{-5}, кгс/мм^2	Плотность, г/см^3
20-100	15,3	20	19 000	7,95
20-200	15,9	100	18 000	
20-300	16,5	200	16 900	
20-400	16,9	300	15 800	
20-500	17,3	400	14 800	
20-600	17,7	450	14 200	
20-700	18,2	500	13 700	
-103	14,9	550	13 300	
-123	14,6	600	13 100	
-143	14,3	650	13 000	
-163	13,8	-183	20 000	
-183	13,4	-193	20 000	
-196	13,0	-	-	
-253	6,1	-	-	

Таблица 11.15.9 – Технологические свойства [28]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, °С	1050
Минимальная температура конца ковки, °С	850
Свариваемость	Для сварных конструкций не применяется
Обрабатываемость резанием	Удовлетворительная

11.16 Сталь марки 08Х15Н24В4ТР (ЭП 164), 08Х15Н24В4ТР-Ш (ЭП 164-Ш) (аустенитного класса)

Таблица 11.16.1 - Химический состав (по ГОСТ 5632-72)

В процентах

C	Si	S	P	B	Ce	Mn	Ti	W	Cr	Ni	Fe
не более											
0,08	0,6	0,02	0,035	0,005	0,035	0,5-1,0	1,4-1,8	4,0-5,0	14,0-16,0	22,0-25,0	Осн.

Таблица 11.16.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С				
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс м/см^2)
			не менее				
Сортовой прокат Ø, t до 200 мм, калиброванный Ø, t до 70 мм, со специальной отделкой поверхности, полоса	ГОСТ 5949-75	-	По соглашению сторон				
Сортовой прокат Ø от 8 до 125 мм, Ø от 8 до 150 мм, полоса	ТУ 14-1-1139-74	Без термообработки	На образцах (700 °С, 16 ч), при 20 °С				
			(75)	(45)	18	35	(8)
			При 700 °С				
			(60)	(40)	10	16	-

Таблица 11.16.3 – Механические свойства (по СТ ЦКБА 010-2004)*

Диаметр (толщина) заготовки, мм	Механические свойства					Твердость, НВ
	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, кДж/м^2 (кгс м/см^2)	
	не менее					
До 60	735 (75)	490 (50)	18	35	784 (8)	не более 229
* Режим термообработки старение – 690 °С 16 ч. воздух.						

Таблица 11.16.4 - Механические свойства при высоких температурах* (пруток, продольные образцы) [11]

Температура t, °С	$\sigma_в$, МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ_5, %	ψ, %	KCU, кгс м/см^2
20	750	500	20	30	1200
650	650	450	18	30	1000
700	600	400	18	30	1000
750	500	350	20	40	1000
* Режим термообработки - старение 700 °С, 16 ч, воздух					

Таблица 11.16.5 - Длительная прочность, ползучесть и выносливость, МПа, (прутки, продольные образцы, термообработка закалка 1130-1150 °С, воздух, старение 730-750 °С, 16 ч, воздух) [11]

t, °С	$\sigma_{д.п.1000}$	$\sigma_{д.п.10000}$	$\sigma_{д.п.100000}$	$\sigma_{пол\ 1/10^4}$	$\sigma_{пол.1/10^5}$	σ_{-1}* на базе $n=10^8$ циклов
20	-	-	-	-	-	(420)
500	-	-	-	-	-	300 (350)
600	500	499	300	-	-	(400)
650	400	290	230	200	140	340
700	250	180	140	-	-	270
750	180	120	80	80	60	-
Примечание - В скобках значения термообработки – старение 700 °С, 16 ч						

Таблица 11.16.6 - Чувствительность к охрупчиванию (прутки, термообработка - 1130-1150 °С, воздух, старение 730-750 °С, 16 ч, воздух) [11]

Время, ч	Температура t, °С	KCU, кгс м/см^2	Твердость, НВ
Без выдержки		12	-
2500	600	6	285
2500	700	7	285
2500	750	4	-
2500	800	6	187

Таблица 11.16.7 – Механические свойства при отрицательных температурах [29]

Режим термообработки	Температура t, °С	$\sigma_в$, МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2
		не менее				
Старение 750 °С, 16 ч, воздух	20	850	660	18	48	80
	- 196	1270	830	28	28	60
	-253	-	-	-	-	60
	-269	1510	1030	30	34	-
Закалка 1100 °С, масло, старение 750 °С, 16 ч, воздух	20	800	600	20	26	110
	- 196	1100	800	12	14	100
	-253	1300	860	10	9	90
	-269	1560	1040	-	-	-

Таблица 11.16.8 – Относительное удлинение после длительных испытаний [11]

Температура t, °С	Время, ч	δ, %	Температура t °С	Время, ч	δ, %
600	95000	3	700	13000	9
650	9000	4	750	9000	17

Таблица 11.16.9 - Релаксационная стойкость (пруток, термообработка. закалка 1130-1150 °С, воздух, старение 730-750 °С, 16 ч, воздух) [11]

Температура t, °С	σ_o, МПа	σ_c, МПа, за время, ч					
		150	500	1 000	2 000	5 000*	10 000*
550	20	155	154	153	152	-	152
	25	219	218	218	218	216	200
	30	273	273	271	269	265	249
600	20	185	183	182	179	176	166
	25	227	226	224	219	213	198
	30	268	266	266	263	256	243

Окончание таблицы 11.16.9

Температура t, °С	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_t, МПа за время, ч					
		150	500	1 000	2 000	5 000*	10 000*
650	20	177	174	169	162	-	132**
	25	204	198	189	186	-	153**
	30	248	245	236	228	-	188
680	20	159	154	147	139	126	102**
	25	203	199	190	179	163	125**
	30	233	225	216	-	195	148
700	20	162	143	131	123	108	85
	25	189	174	159	148	134	100
	30	238	210	179	172	156	113
* Экстраполированные значения ** Опытные данные							

Таблица 11.16.10 – Физические свойства [29]

Температура t, °С	Коэффициент линейного расширения α 10^6, мм/мм град	Температура t, °С	Модуль нормальной упругости E, кгс/мм^2
20-100	14,5	20	22 300
20-200	15,5	100	21 500
20-300	16,3	200	20 900
20-400	16,8	300	20 000
20-500	17,2	400	19 100
20-600	17,4	500	18 200
20-650	17,5	600	17 300
20-700	17,8	650	16 900
20-750	17,9	700	16 500
27	15,6	750	16 100
-53	14,13	-	-
-73	13,57	-	-
-113	12,19	-	-
-153	9,98	-	-
-193	6,43	-	-
-233	1,27	-	-
-253	-0,15	-	-
-269	-0,12	-	-

Таблица 11.16.11 – Технологические свойства [22, 11]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, °С	1170
Минимальная температура конца ковки, °С	950
Свариваемость	Сталь трудно сваривается, для сварки прочно-плотных швов арматуры не рекомендуется
Обрабатываемость резанием	В термообработанном состоянии при НВ = 215-218 и $\sigma_в$=80 кгс/мм^2 Kv =0,20 (твердый сплав), Kv – 0,15 (быстрорежущая сталь)

11.17 Сплав марки ХН28ВМАБ (ЭП 126), ХН28ВМАБ-ВД (ЭП 126-ВД) (аустенитного класса)

Таблица 11.17.1 - Химический состав (по ГОСТ 5632-72)

В процентах

C	Si	Mn	S	P	B	Cr	Ni	W	Mo	Nb	N	Fe
не более												
0,1	0,6	1,5	0,02	0,02	0,005	19,0-22,0	25,0-30,0	4,8-6,0	2,8-3,5	0,7-1,3	0,15-0,30	Осн.

Таблица 11.17.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С				
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс м/см^2)
			не менее				
Сортовой прокат Ø, Т от 20 до 130 мм	ТУ 14-1-21-74	Без термообработки	На образцах (1110-1150 °С, воздух)				
			(75)	-	30	40	(8)
Лист от 0,8 до 3 мм	ТУ 14-1-1747-76	Закалка 1080-1140 °С, вода	не более (95)	-	35	-	-
			900 °С				
			17	-	30	-	-
Лента от 0,1 до 1,2 мм	ТУ 14-1-1008-74	Закалка 1080-1120 °С, вода, воздух	не более (95)	-	δ_4 25	-	-
Лист от 4 до 11 мм	ТУ 14-1-2478-78	Закалка 1060-1080 °С, воздух	не более (95)	-	25	-	-
			900 °С				
			(20)	-	40	-	-
Поковки Ø от 180 до 400 мм, Ø от 200 до 350 мм (ЭП 126, ЭП 126-ВД)*	ТУ 14-1-2902-80	Без термообработки	На образцах (1110-1150 °С, воздух)				
			(75)	-	30	40	8
			900 °С				
			(20)	-	50	35	$\sigma_{д\ и}$ =5 100 ч
			ЭП 126-ВД				
			На образцах (1050-1130 °С)				
			(70)	-	32	40	8
			900 °С				
			(20)	-	50	35	-
* Поковки из ЭП 126 поставляются также по ТУ 14-1-1530-75, ТУ 14-1-1531-75							

Таблица 11.17.3 - Механические свойства при высоких температурах [26]

Температура t, °С	$\sigma_т$, кгс/мм^2	$\sigma_в$, кгс/мм^2	δ_5, %
20	37-40	80-85	50-55
700	22-24	50-60	35-45
800	22-24	35-40	35-40
900	14-16	22-27	60-70
1000	6-7	12-14	75-80

Таблица 11.17.4 - Жаропрочные свойства за 100 часов [26]

Температура t, °С	$\sigma_{дп}$, кгс/мм^2	$\sigma_{пол}$, кгс/мм^2 (деформация 5%)
800	13	-
900	5-6	4,0
1000	-	2,4
Примечание - При длительном воздействии температуры выше 750 °С, при наличии окислительной атмосферы, окисление сплава значительное, необходимо применение защитных мер против окисления (покрытия, защитная атмосфера)		

Таблица 11.17.5 – Физические свойства [26]

Температура t, °С	Коэффициент линейного расширения α 10^6, мм/мм град	Температура t, °С	Модуль нормальной упругости Е, кгс/мм^2	Плотность, г/см^3
20-100	15,00	20	20100	8,33
20-300	15,90	700	15600	
20-500	16,64	800	15200	
20-600	16,95	900	14700	
20-700	17,30	-	-	
20-800	17,70	-	-	
20-900	18,02	-	-	

Таблица 11.17.6 – Технологические свойства

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, °С	1180
Минимальная температура конца ковки, °С	900
Холодная обработка	Удовлетворительная, возможна глубокая вытяжка
Свариваемость	Удовлетворительная, предпочтительна аргонодуговая сварка
Обрабатываемость резанием	-

11.18 Сплав марки ХН35ВТ (ЭИ 612), ХН35ВТ-ВД (ЭИ 612-ВД)

Таблица 11.18.1 - Химический состав

В процентах

№ стандарта	C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	W	Fe	S	P
	не более								не более	
ГОСТ 5632-72	0,12	0,6	1,0-2,0	14,0-16,0	34,0-38,0	1,1-1,5	2,8-3,5	Осн	0,02	0,030
ТУ 14-1-272-72										0,020
ТУ 14-1-1665-70					34,0-36,0				0,01	0,025

Таблица 11.18.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С				
			$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс м/см^2)
			не менее				
Сортовой прокат Ø до 125 мм (ЭИ 612) кованый до 200 мм для горячей обработки давлением	ТУ 14-1-272-72	Без термообработки	На образцах (1080-1100 °С, вода 850–900 °С, 10 ч + 700 °С, 25-50 ч)				
			735 (75)	392 (40)	15	35	(7)
Сортовой прокат Ø от 10 до 200 мм (ЭИ 612-ВД)	ТУ 14-1-1665-70 Контроль неметаллические, УЗК от 90 мм, балл зерна	Без термообработки	На образцах (1080-1100 °С, вода +850 °С, 10 ч + 700 °С, 35-50 ч)				
			833 (85)	490 (50) $\sigma_{500°C} \geq (45)$	18	40	(6)

Таблица 11.18.3 – Механические свойства (по СТ ЦКБА 010-2004)

Марка стали	Диаметр (толщина) заготовки, мм	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
		$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, кДж/м^2 (кгс м/см^2)	
		не менее					
ЭИ 612	до 100	735 (75)	392 (40)	15	25	686 (7)	от 207 до 269
ЭИ 612-ВД	до 100	833 (85)	490 (50)	18	40	588 (6)	от 207 до 269

Таблица 11.18.4 - Механические свойства при высоких температурах [6]

Сортамент	Характеристика	Температура t, °С												
		20	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
Заготовки деталей толщиной до 400 мм, сортовой прокат Ø до 100 мм	Для стали ХН35ВТ													
	$\sigma_в$ МПа (кгс/мм^2)	736 (75)	716 (73)	686 (70)	676 (69)	666 (68)	657 (67)	657 (67)	647 (66)	638 (65)	617 (63)	598 (61)	568 (58)	539 (55)
	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	395 (40)	395 (40)	373 (38)	363 (37)	353 (36)	353 (36)	353 (36)	353 (36)	353 (36)	353 (36)	353 (36)	343 (35)	333 (34)
	δ, %	15	15	15	15	15	15	15	15	15	14	13	12	10
	ψ, %	25	25	25	25	25	25	25	25	24	23	22	20	18
Сортовой прокат Ø до 200 мм	Для стали ХН35ВТ-ВД													
	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	834 (85)	814 (83)	804 (82)	785 (80)	785 (80)	765 (78)	755 (77)	746 (76)	736 (75)	736 (75)	736 (75)	706 (72)	667 (68)
	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	491 (50)	491 (50)	461 (47)	451 (46)	441 (45)	441 (45)	441 (45)	441 (45)	441 (45)	441 (45)	441 (45)	441 (45)	412 (42)
	δ, %	18	17	16	14	14	14	14	14	14	14	14	14	12
	ψ, %	40	38	37	35	34	32	32	32	32	32	32	32	27

Таблица 11.18.5 - Гарантированные значения пределов длительной прочности $\sigma_{д\,п}$, МПа (кгс/мм^2)

Температура t, °С	Время, ч									
	10	30	10^2	$3\,10^2$	10^3	$3\,10^3$	10^4	$3\,10^4$	10^5	$2\,10^5$
400	472 (48,2)	472 (48,2)	472 (48,2)	472 (48,2)	472 (48,2)	472 (48,2)	472 (48,2)	472 (48,2)	458 (46,7)	429 (43,8)
450	465 (47,5)	465 (47,5)	465 (47,5)	465 (47,5)	465 (47 5)	465 (47,5)	447 (45,6)	415 (42,3)	401 (40,9)	386 (39,4)
500	465 (47,5)	429 (43,8)	401 (40,9)	386 (39,4)	365 (37,2)	350 (35,8)	329 (33.6)	301 (30,7)	250 (25,6)	236 (24 1)
550	393 (40,2)	386 (39,4)	358 (36,5)	343 (35,0)	322 (32,9)	304 (30,7)	272 (27,7)	243 (24,8)	222 (22,6)	207 (21,2)
600	315 (32,1)	301 (30,7)	286 (29,5)	265 (27,0)	250 (25,6)	229 (23,4)	215 (21,9)	183 (18,6)	158 (16,1)	143 (14,6)

Таблица 11.18.6 - Средние значения пределов длительной прочности $\sigma_{д\,п}$, МПа (кгс/мм^2), [6]

Температура t, °С	Время, ч									
	10	30	10^2	$3\,10^2$	10^3	$3\,10^3$	10^4	$3\,10^4$	10^5	$2\,10^5$
400	645 (66)	645 (66)	645 (66)	645 (66)	645 (66)	645 (66)	645 (66)	645 (66)	627 (64)	588 (60)
450	637 (65)	637 (65)	637 (65)	637 (65)	637 (65)	637 (65)	625 (62,5)	568 (58)	549 (56)	530 (54)
500	637 (65)	588 (60)	549 (56)	529 (54)	500 (51)	480 (49)	451 (46)	412 (42)	343 (35)	323 (33)
550	539 (55)	529 (54)	490 (50)	470 (48)	441 (45)	417 (42)	372 (38)	333 (34)	304 (31)	284 (29)
600	431 (44)	412 (42)	392 (40)	363 (37)	343 (35)	314 (32)	294 (30)	250 (25,5)	216 (22)	196 (20)

Таблица 11.18.7 - Средние значения пределов длительной пластичности [6]

Температура t, °С	Пластичность, %	Время, ч									
		10	30	10^2	$3\,10^2$	10^3	$3\cdot10^3$	10^4	$3\,10^4$	10^5	$2\,10^5$
500	δ	13	10	9	7	5	4,5	4	3,5	3	3
	ψ	18	15	13	10	7,5	7	6	5	4,5	4,5
550	δ	13	10	8	6	5	4	3	3	3	3
	ψ	18	15	12	9	7,5	6	4,5	4,5	4,5	4 5
600	δ	15	11	9	6	5	4	4	4	4	4
	ψ	22	16	13	9	7	6	6	6	6	6

Таблица 11.18.8 - Предел длительной прочности, ползучести при высоких температурах [11]

Температура t, °С	$\sigma_{д\,п\,10^3}$	$\sigma_{д\,п\,10^4}$	$\sigma_{д\,п\,10^5}$	$\sigma_{пол\,1/10^4}$	$\sigma_{поч\,1/10^5}$
500	-	450	360	-	-
525	-	400	330	-	-
550	-	390	320	-	-
600	320	260	210	-	180
630	250	210	180	-	150
650	220	200	160	170	130
700	-	140	100	110	80

Таблица 11.18.9 - Предел выносливости σ_{-1}, МПа, при симметричном и асимметричном циклах нагружения [11]

Температура t, °С	σстат, МПа	База испытаний, циклы					
		10^5	10^6	10^7*	10^8, образец		10^9
					гладкий	с надрезом	
500	-	-	-	-	340	200	-
600	-	-	-	-	320	-	-
650	-	305	290	280	230-275**	200	>220
650	70	290	240	215	200	-	-
650	150	250	170	145	130	-	110
650	225	225	200	170	145	-	120
650	300	230	185	140	90	-	-
* В среде воздух + до 5% SO_2 предел усталости снижается на 5-14% ** В зависимости от частоты нагружения и величины зерна.							

Таблица 11.18.10 - Чувствительность к охрупчиванию при старении [22]

Время, ч	Температура t, °С	KCU, кгс м/см^2
Исходное состояние		4,0-18,0
25 000	550	5,0-13,0
30 000	600	4,5-11,5
100 000	650	6,0- 8,0

Таблица 11.18.11 - Релаксационная стойкость (пруток, термообработка закалка 1180 °С, вода +780 °С, 8-10 ч, +730 °С, 25 ч, воздух) [11]

Температура t, °С	σ_o, МПа	$\sigma_т$, МПа, за время, ч					
		100	500	1 000	3 000	5 000	10 000
525	350	308	306	306	304	304	302
525	300	270	269	269	268	268	268
560	300	240	239	238	237	236	233
560	250	228	226	224	222	221	218
560	200	178	177	175	174	174	172
600	250	223	219	217	213	209	200
600	200	182	180	179	176	173	170
600	150	39	138	137	136	135	130
650	250	210	205	199	184	180	160
650	200	175	168	164	156	149	140
650	150	132	130	121	121	118	112
680	200	152	139	124	109	100	78
680	150	120	115	109	101	90	71

Таблица 11.18.12 - Ударная вязкость при различных температурах (поковки диска Ø 1000 мм, h=275 мм, закалка 1090 °С, вода +850 °С, 10 ч, +700 °С, 20 ч, +660 °С, 30 ч НВ=220-228, образцы тангенциальные) [8]

Температура t, °С									
-100	-80	-60	-40	-20	0	20	100	200	650
137-167	118-147	127-157	127-137	118-176	117-147	69-108	69-98	108-118	78-108

Таблица 11.18.13 – Технологические свойства и плотность [22]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, °С	1170
Минимальная температура конца ковки, °С	850
Свариваемость	Трудно сваривается. Сварка допускается с отработкой технологии на узлах.
Обрабатываемость резанием	При НВ=269 и $\sigma_в$=97 кгс/мм^2 Kv = 0,30 (твердый сплав) Kv = 0,15 (быстрорежущая сталь)
Плотность, г/см^3	8,2

11.19 Сплав марки ХН70ВМЮТ (ЭИ 765) (жаропрочный на никелевой основе)

Таблица 11.19.1 - Химический состав (по ГОСТ 5632-72)

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	Al	W	Mo	Fe	S	P	B
	не более								не более			
0,10-0,16	0,6	0,5	14,0-16,0	Осн	1,0-1,4	1,7-2,2	4,0-6,0	3,0-5,0	3,0	0,012	0,015	0,01

Таблица 11.19.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Температура испытания, °С	Механические свойства при 20 °С				
				$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, кДж/м^2 (кгс м/см^2)
				не менее				
Сортовой прокат горячекатаный Ø от 32 до 55 мм и кованый Ø от 60 до 125 мм, полоса 20-50 мм	ТУ 14-1-1358-74	Без термообработки		На образцах (закалка 1150 °С, масло +800 °С, 20 ч)				
			20	(100)	(60)	20	25	(6)
			700	(75)	-	12	13	(6)

Таблица 11.19.3 – Механические свойства (по СТ ЦКБА 010-2004*)

Диаметр (толщина) заготовки, мм	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, кДж/м^2 (кгс м/см^2)	
	не менее					
До 100	980 (100)	588 (60)	20	25	588 (6)	От 270 до 320
* Термообработка 1140-1160 °С, масло, 800 °С, 20 ч.						

Таблица 11.19.4 - Механические свойства при высоких температурах (пруток, закалка 1150 °С, масло, 800 °С , 20 ч) [8]

Температура t, °С	$\sigma_в$, МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/м^2
20	610-710	1010-1130	28-32	30-34	88
500	630	1000	27	23-34	88
600	590	980	25	18-23	88
700	570-630	870-920	22	27-36	88
800	490-560	560	19	46-52	98
850	390	400-440	21	57	108
900	270	295	31	70	-
1000	69	78	58	76-82	-

Таблица 11.19.5 - Свойства жаропрочности (пруток, 1150 °С, масло, 800 °С , 20 ч) [18]

Температура t, °С	$\sigma_{пол.}$, кгс/мм^2 для скорости ползучести $2 \cdot 10^{-4}$ %/ч	Предел длительной прочности, кгс/мм^2, за время, ч						
		гладкий образец					образец с надрезом*	
		1 000	2 000	5 000	10 000	20 000	2 000	20 000
565	-	70	67	-	59	55	-	46
600	-	65	60	56	53	50	-	37
650	-	48	40	-	37	34	-	-
700	20	31-35	27-31	23-27	22-24	19-22	-	21
750	16	22-25	20-23	17-20	16-17	14-16	20-22	15
800	8	14-16	-	-	-	-	-	-
* Надрез угол 60°, r = 0,2 мм, a = 1 мм.								

Таблица 11.19.6 - Чувствительность к охрупчиванию при старении [18]

Время выдержки, ч	Температура t, °С	KCU, кгс м/см^2
Исходное состояние		8,0-9,5
20 000	700	1 8
20 000	750	3,5
8 000	800	4,0-5,0

Таблица 11.19.7 - Длительная пластичность [34]

Длительная пластичность	для гладких образцов в воздушной среде остаточное удлинение при длительном разрыве в интервале 700-800 °С сохраняется на уровне – 5 % и более

Таблица 11.19.8 - Предел выносливости в зависимости от температуры [11]

Температура t, °С	База испытаний, циклы						
	10^6	10^7, образец		10^8, образец		5 10^8, образец	
	гладкий		с надрезом	гладкий	с надрезом	гладкий	с надрезом
20	-	420	-	280	-	-	-
600	350	350	-	-	-	-	-
650	375	355	-	340	-	-	-
700	410	385	250	370	-	350	-
750	430	380	250	330	240	300	220
800	-	320	210	260	160	220	120

Таблица 11.19.9 – Физические свойства [18]

Температура t, °С	Коэффициент линейного расширения $\alpha \cdot 10^6$, мм/мм град	Температура t, °С	Модуль нормальной упругости $E \cdot 10^5$, кгс/мм^2	Плотность, г/см^3
20-100	12,20	20	22600	8,6
20-200	12,60	100	22150	
20-300	13,20	200	21500	
20-400	13,60	300	20900	
20-500	14,10	400	20250	
20-600	14 50	500	19650	
20-700	15,10	600	19000	
20-800	15,80	700	18250	
20-900	16 55	-	-	

Таблица 11.19.10 – Технологические свойства [22]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, °С	1180
Минимальная температура конца ковки, °С	900
Свариваемость	Трудно сваривается. Для сварки прочно-плотных швов арматуры не рекомендуется.
Обрабатываемость резанием	В термически обработанном состоянии При НВ=202 и $\sigma_в$=83 кгс/мм^2 Kv = 0,20 (твердый сплав) Kv = 0,10 (быстрорежущая сталь)

11.20 Сплав марки ХН60ВТ (ЭИ 868) (на никелевой основе)

Таблица 11.20.1 - Химический состав (по ГОСТ 5632-72)

В процентах

C	Si	Mn	Fe	S	P	Al	Ni	Ti	W	Cr
не более										
0,1	0,8	0,5	4,0	0,013	0,013	0,5	Осн	0,3-0,7	13,0-16,0	23,5-26,5

Таблица 11.20.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Температура испытания t, °С	Механические свойства при 20 °С			
				$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_{0,2}$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %
				не менее			
Сортовой прокат Ø от 20 до 120 мм	ТУ 14-1-286-72	Без термообработки	900	На образцах (1150 –1200 °С, воздух)			
				-	(22)	45	50
Листы 4-11 мм	ТУ 14-1-4296-87	Термообработанные	20	(100)	-	40	-
			900	(20)	-	40	-
Поковки (слябы 120х420х1100 мм)	ТУ 14-1-3285-81	-	-	-	-	-	-
Лист 0,8-3 мм	ТУ 14-1-1747-76	Термообработанные	20	не более (105)	-	40	-
			900	не более (18)	-	30	-
Лента 0,2-1,2 мм	ТУ 14-1-927-76	Закалка	20	не более (100)	-	35	-

Таблица 11.20.3 – Механические свойства (по СТ ЦКБА 010-2004*)

Диаметр (толщина) заготовки, мм	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, кДж/м^2 (кгс м/см^2)	
	не менее					
До 100	686 (70)	343 (35)	20	30	686 (7)	От 190 до 250
* Термообработка 1190-1210 °С, вода, воздух + 800 °С, 10 ч, воздух						

Таблица 11.20.4 - Механические свойства при высоких температурах [30]

Температура t, °С	$\sigma_т$, кгс/мм^2	$\sigma_в$, кгс/мм^2	δ, %
20	42,0	87,9	44,1
750	24,0	51,0	52,7
800	24,0	41,0	54,0
850	23,0	33,0	55,0
900	22,0	23,0	56,0

Таблица 11.20.5 - Предел длительной прочности $\sigma_{д\,п}$, кгс/мм^2 [30]*

Температура t, °С	Время, ч		
	1 000	3 000	5 000
800	9,0	8,2	7,8
850	6,2	5,5	4,9
* Пруток, термообработка 1190-1210 °С, вода, +800 °С, 10ч			

Таблица 11.20.6 – Пределы длительной прочности и ползучести, МПа [11]*

Температура t, °С	$\sigma_{д\,п\,100}$	$\sigma_{д\,п\,200}$	$\sigma_{д\,п\,300}$	$\sigma_{пол.\,5/100}$
800	110	95	87	83,0
900	52	43	40	34,0
1000	-	-	-	16,0
1100	-	-	-	6,5
1250	-	-	-	4,0
* Лист, термообработка 1200 °С, 10 мин, воздух				

Таблица 11.20.7 - Чувствительность к охрупчиванию [11]

Время выдержки, ч	Температура t, °С	KCU, кгс м/см^2
Исходное состояние		11 2
1 000	750	6,1
3 000	750	5,8
1 000	800	7,5
3 000	800	6,1
1 000	850	9,0
3 000	850	7 2
1 000	900	8,5
3 000	900	8,5

Таблица 11.20.8 - Термическая стойкость после закалки с 1200 °С, 5 мин, воздух, при продолжительности цикла 1 мин [11]

Температура t, °С	700-20	1000-20	1200-20
Число циклов	140	33	21

Таблица 11.20.9 - Предел выносливости за 5 10^7 циклов [11]

Температура t, °С	20	900
σ_1, МПа	300	125

Таблица 11.20.10 – Физические свойства [11]

Температура t, °С	Коэффициент линейного расширения $\alpha\ 10^6$, $К^{-1}$	Температура t, °С	Модуль нормальной упругости $E\ 10^{-5}$, МПа	Плотность, г/см^3
20-100	12,7	20	1,90	8,25
100-200	13,2	700	1,39	
200-300	13,6	800	1,12	
300-400	14,1	900	0,81	
400-500	14,5	1000	0,50	
500-600	15 1	-	-	
600-700	15,6	-	-	
700-800	16,0	-	-	
800-900	16,2	-	-	
900-1000	16,8	-	-	

Таблица 11.20.11 – Технологические свойства [11]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, °С	1180
Минимальная температура конца ковки, °С	1050
Свариваемость	Сварка всеми видами сварки. Рекомендуется аргонодуговая сварка
Способность к вытяжке	Сталь обладает способностью к глубокой вытяжке Предельный коэффициент вытяжки 2 06
Жаростойкость	Температура интенсивного окалинообразования на воздухе 1100 °С

11.21 Сплав марки ХН62МВКЮ (ЭИ 867) (на никелевой основе)

Таблица 11.21.1 - Химический состав (по ГОСТ 5632-72)

В процентах

C	Si	Mn	Fe	S	P	B	Ce	Cr	Ni	W	Mo	Al	Co
не более													
0,1	0,6	0,3	4,0	0,011	0,015	0,02	0,02	8,5-10,5	Осн	4,3-6,0	9,0-11,5	4,2-4,9	4,0-6,0

Таблица 11.21.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Температура испытания t, °С	Механические свойства при 20 °С			Твердость, НВ
				$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	
				не менее			
Сортовой прокат Ø от 20 до 55 мм	ТУ 14-1-402-72	Без термообработки	20	На образцах (закалка 1220 °С, воздух +950 °С, 3 ч)			
				-	-	-	286-352
			900	(58)	6	9	-

Таблица 11.21.3 – Механические свойства (по СТ ЦКБА 010-2004*)

Диаметр (толщина) заготовки, мм	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
	$\sigma_в$ МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, кДж/м^2 (кгс м/см^2)	
	Не менее					
До 60	1078 (110)	735 (75)	12	15	294 (3)	От 260 до 360
* Термообработка 1210-1230 °С, воздух, 950 °С, 8 ч, воздух						

Таблица 11.21.4 - Механические свойства при высоких температурах (прутки, закалка 1210-1230 °С, воздух, 950 °С, 8 ч) [11]

Температура t, °С	$\sigma_в$, МПа	$\sigma_{0,2}$ МПа	δ_5, %	ψ, %	KCU, кДж/м^2
20	1000	780	6	11	150
700	960	650	6	12	400
800	900	650	3	7	500
850	720	550	3	7	500
900	600	400	8	12	500
950	400	300	10	18	600
1000	250	180	12	20	700

Таблица 11.21.5 - Предел длительной прочности, ползучести и выносливости (прутки, 1210-1230 °С воздух, 950 °С, 8 ч) [11]

Температура t, °С	$\sigma_{д\,п\,100}$	$\sigma_{д\,п\,1000}$	$\sigma_{пол\,0,2/100}$**	σ_{-1}* на базе n=10^7 циклов	
				гладкие образцы	образцы с надрезом***
20	-	-	-	310	210
700	740	-	610	310	250
800	430	310	350	335	250
900	190	110	130	320	250
950	110	60	-	-	-

* При испытании на длительную прочность при 700-950 °С сплав не чувствителен к надрезу
Скорость окисления сплава за 100 ч по увеличению массы при 900 °С – 0,0259 г/м^2 ч.
** По остаточной деформации
*** Радиус при вершине надреза образца 0,75 мм

Таблица 11.21.6 - Предел ползучести, кгс/мм^2 (1180 °С 6 ч, воздух +1000 °С, 8 ч, с печью до 900 °С при 900 °С, 8 ч, воздух +850 °С 16 ч воздух.) [18]

t, °С	$\sigma_{пол.0\ 5/1000}$	$\sigma_{пол\ 1/1000}$	$\sigma_{пол.1/2000}$	$\sigma_{пол\ 1/3000}$	$\sigma_{пол.1/4000}$	$\sigma_{пол.1/10000}$
550	-	-	-	-	55,0	53,0
700	43,0	48,0	44 0	42,0	40,0	-
800	19,0	22,5	20,5	-	-	-
850	12,5	15,0	13,0	-	-	-
900	-	9,0	-	-	-	-

Таблица 11.21.7 - Предел длительной прочности $\sigma_{д\ п}$, кгс/мм^2 [18]

Температура t, °С	Время, ч				
	100	I 000	3 000	5 000	10 000
700	68 0	53,0	47 0	45,0	42,0
750	58,0	44,0	38,0	36,0	33,0
800	46,0	28,0	22,0	20,0	17,0
850	28,0	17 5	14,0	12,5	11,0
900	-	10,0	6,4	5,0	4,0
950	10-11	4,5	-	-	-

Таблица 11.21.8 - Термостойкость при температурном цикле 900→500 °С, 2 мин. (закалка+тройное старение) [18]

Напряжение кгс/мм^2	-σмакс	+σмакс	Δσ	-σмакс	+σмакс	Δσ
	25	31	56	19	26	45
Число циклов до разрушения	500			1000		

Таблица 11.21.9 – Окалиностойкость [18]

Температура t, °С	800	850	900	950	1000
Глубина коррозионного разрушения, мм за 10 000 ч	0,002	0 002	0,003	0,004	0,006
* Среда воздух и разбавленный воздух (18,2% O_2+75,89%N_2+4,3%CO_2+1,6%H_2O+0,035%SO_2					

Таблица 11.21.10 - Чувствительность к охрупчиванию при старении (закалка+двойное ступенчатое строение) [18]

Время выдержки, ч	Температура t, °С	KCU кгс м/см^2	Твердость, НВ
Исходное состояние		3,6	300
850	1000	2,8	310
850	3000	1,6	310
900	1000	1 9	300
900	3000	1,3	310
950	1000	2,8	320
950	3000	2,0	330

Таблица 11.21.11 – Физические свойства [18]

Температура t, °С	Коэффициент линейного расширения α 10^6 K^1	Температура t, °С	Модуль нормальной упругости Е 10^5 МПа	Плотность, г/см^3
20-100	11 49	20	2 33	8,55
20-200	12 57	700	1,95	

Окончание таблицы 11.21. 11

Температура t, °С	Коэффициент линейного расширения $\alpha 10^6$, $К^{-1}$	Температура t, °С	Модуль нормальной упругости $Е 10^{-5}$, МПа	Плотность, $г/см^3$
20-300	13,03	800	1,83	8,55
20-400	13,37	850	1,51	
20-500	13,68	900	1,43	
20-600	13,98	950	1 30	
20-700	14,33	1000	1,21	
20-800	14,75	-	-	
20-900	15,56	-	-	
20-1000	16,90	-	-	

Таблица 11.21.12 – Технологические свойства [22]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, °С	1190
Минимальная температура конца ковки, °С	1060
Свариваемость	Трудно сваривается. Для сварки прочно-плотных швов арматуры не рекомендуется

11.22 Сплав марки ХН77ТЮР (ЭИ 437Б) (на никелевой основе)

Таблица 11.22.1 - Химический состав (по ГОСТ 5632-72)

В процентах

C	Si	Mn	Fe	S	P	B	Ce	Cr	Ti	Al	Ni
не более											
0,07	0,6	0,4	4 0	0,007	0,015	0,01	0,02	19,0-22,0	2,4-2,8	0,6-1,0	Осн

Таблица 11.22.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке*

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Температура испытания t, °С	Механические свойства при 20 °С			Твердость HB
				$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	
				не менее			
Сортовой прокат Ø от 20 до 55 мм	ТУ 14-1-402-72	Без термообработки		Свойства на образцах (1080 °С, воздух + 700 °С, 16 ч)			
			20	-	-	-	255-321
			700	(75)	15	20	
Лист тонкий от 0,8 до 3 мм	ТУ 14-1-1747-76	Закалка 1080-1120 °С, воздух		На образцах (1080 + 1120 °С 750 °С 16 ч)			-
			20	900	13	-	
			750	600	8	-	
Лента	ТУ 14-1-927-74	Закалка 1080-1120 °С	20	Не более 900	30	-	
Проволока Ø от 0 5 до 13 0 мм	ТУ 3-825-80	Отпуск 700 °С, 1 ч	20	(125)	-	-	
* Прутки поставляются также по ТУ 14-1-2930-80, Ø 115-175 мм, из ЭИ 437БУ-ВД по ТУ 14-1-2548-78 Ø 220 мм.							

Таблица 11.22.3 - Механические свойства при повышенных температурах [8]

Температура t, °С	$\sigma_{0\,2}$, МПа	$\sigma_в$, МПа	δ_5, %	ψ %	KCU, Дж/см^2
1080 °С воздух + 750 °С, 16 ч					
20	650	900-1070	11-24	10-21	29-49
500	570	880	22-29	19-27	49-69
600	540	860	30-33	30-32	49-59
700	520	820	25-29	27-32	49
800	460	520	15-16	25-30	88

Таблица 11.22.4 – Пределы длительной прочности и ползучести, МПа [8]

Температура t, °С	$\sigma_{д\,п\,1\,000}$	$\sigma_{д\,п\,10\,000}$	$\sigma_{пол\ 1/1\,000}$	$\sigma_{пол.\ 1/10\,000}$
600	549	441	-	-
650	-	-	451	333
700	304	176-196	-	-
750	-	-	196	-
800	-	-	147	-

Таблица 11.22.5 - Чувствительность к охрупчиванию при старении [22]

Время выдержки, ч	Температура t, °С	KCU, кгс м/см^2
Исходное состояние		3,0-5,0
5 000	600	1 5
5 000	650	3 0
5 000	700	4 5
5 000	750	7 0-8,0

Таблица 11.22.6 - Жаростойкость в воздушной среде [11]

Температура t, °С	Время τ, ч	Скорость окалинообразования Δm, г/м^2 ч
800	100	0,0387
800	200	0,0173
900	100	0,068
900	200	0,051

Таблица 11.22.7 – Физические свойства [11]

Температура t, °С	Коэффициент линейного расширения $\alpha\ 10^6$, K^{-1}	Температура t, °С	Модуль нормальной упругости $E\ 10^5$ МПа	Плотность г/см^3
20-100	12,67	20	2,15	8,2
20-200	12,90	600	1,81	
20-300	13,30	700	1,72	
20-400	13,80	750	1,67	
20-500	14,20	800	1 61	
20-600	14,60	850	1,57	
20-700	15 10	900	1,50	
20-800	15,50	-	-	
20-900	16,20	-	-	

Таблица 11.22.8 – Технологические свойства [8]

Максимальная температура нагрева металла перед ковкой, °С	1180
Минимальная температура конца ковки, °С	900
Свариваемость	Трудно свариваемая. Для сварки прочно-плотных швов не рекомендуется.
Обрабатываемость резанием	В термически обработанном состоянии При НВ 262 и $\sigma_в$=108 кгс/мм^2 Kv = 0,20 (твердый сплав) Kv = 0,08 (быстрорежущая сталь)

12 Сплавы прецизионные коррозионностойкие

12.1 Сплав марки 36НХТЮ (ЭИ 702)

Таблица 12 1 1 - Химический состав (по ГОСТ 10994-74)

В процентах

C	S	P	Si	Mn	Cr	Ni	Al	Ti	Fe
не более									
0,05	0,02	0,02	0,3-0,7	0,8-1 2	11 5-13 0	35,0-37,0	0,9-1 2	2,7-3,2	Осн

Таблица 12 1 2 - НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость HRC
			$\sigma_в$ Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$ Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс м/см^2)	
			не менее					
Лента 0,1-2,0 мм	ГОСТ 14117-85	Полунагартованная						-
		0,1-0,9 мм	880-1100 (90-112)	-	2	-	-	
		1,0-2,0 мм	880-1100 (90-112)	-	3*	-	-	
		Полунагартованная						
		0,1-0,9 мм	950-1350 (97-138)	-	1	-	-	
		1,0-2,0 мм	950-1350 (97-138)	-	2	-	-	
		ПН и Н	На образцах (920-950 °С, вода, + 650-670 °С, 4 ч)					
		0,1-0,9 мм	1180 (120)	-	5	-	-	-
		1,0-2,0 мм	1180 (120)	785 (80)	6	-	-	HRC 36,5
		Мягкая (М) 950-970 °С, вода	590-880 (60-90)	-	25	-	-	150-160**
Прутки горячекатаные 8-40 мм кованые 40-120 мм; со специальной отделкой поверхности 1-30 мм	ГОСТ 14119-85	Без термообработки	На образцах (920-950 °С, вода, 650-670 °С, 2-4 ч воздух)					
	1-30 мм		1130 (115)	735 (75)	δ_{10} 14	22	390 (4)	-
	30-60 мм		1030 (105)	635 (65)		25	490 (5)	
	Св 60 мм		880 (90)	490 (50)		35	590 (6)	
Проволока от 0,3 до 5 0 мм включ	ГОСТ 14118-85	ПН	980 (100)	-	-	-	-	-
		Н	1100 (112)	-	-	-	-	-
		ПН + 630-670 °С 2 ч	На образцах					
			1370 (140)	Определяется $\sigma_{0\,01}$ (предел упругости)	δ_{10} 5	-	-	-
		ПН + 600-670 °С, 2 ч	1270 (130)		5	-	-	-
		ПН + 600-670 °С, 2 ч	На образцах					
			1400 (143)	Определяется $\sigma_{0\,01}$	1	-	-	-

* Результаты факультативные
** Справочные данные

Таблица 12.1.3 – Механические свойства (по СТ ЦКБА 010-2004*)

Диаметр (толщина) заготовки, мм	Механические свойства при 20 °С					Твердость, HRC
	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, кДж/м^2 (кгс м/см^2	
	не менее					
До 60	1029 (105)	637 (65)	17	25	490 (5)	32-42
* Термообработка закалка 920-950 °С, вода, старение 650-670 °С, воздух						

Таблица 12.1.4 - Механические свойства в зависимости от режима старения (по ГОСТ 14117-85) (лента)

Состояние материала	Режим старения	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	δ, %
мягкое	650-700 °С, 4 ч	1130-1320 (115-135)	785-980 (80-100)	5
полунагартованное	650-670 °С, 2 ч	1230-1370 (125-140)	1030-1180 (100-120)	5
нагартованное	650-670 °С, 2 ч	1320-1470 (115-135)	1130-1320 (115-135)	3

Таблица 12.1.5 - Изменение механических свойств при низких температурах [35]

Вид заготовки	Лист 2,5 мм			Пруток Ø 100 мм				
Режим термообработки	920-950 °С, вода, 650-670 °С, 2 ч, воздух							
Температура испытаний t, °С	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_в$	δ, %	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_в$	δ, %	KCU	KCU
	кгс/мм^2			кгс/мм^2			кгс м/см^2	
20	74,6	120,5	40,0	55,3	89,6	51,8	21,4	более 30
	75,0	116,0	35 5	57,7	91,0	42,2	22,0	
	74,4	116,0	41,8	56,3	92,3	51,6	20,0	
	74 0	119,0	41,8	55,5	89,0	46 7	23,6	
- 196	90,8	145,3	53,8	72 4	124,0	56,2	24,3	
	92 3	142,0	55,8	69,0	96 3	46,6	17,5	
	92,9	154,0	47 2	67,4	113,7	56,7	25,4	
	93,1	152,8	51 7	68,9	117,6	56,0	16,8	
-253	101,2	165,5	34,1	74,7	131,0	55,0	17 5	
	107,0	177,0	40,0	73,6	130 6	51,2	17,5	
	105,0	173,0	45,8	75,0	131,0	52,5	22,5	
	99,5	173,3	50,6	73,3	131,5	48,3	19,9	

Таблица 12.1.6 – Физические свойства (по ГОСТ 14117-85)

Предел упругости при изгибе $\sigma_{0\,005}$, МПа (кгс/мм^2)	Модуль нормальной упругости E 10^{-3}, МПа (кгс/мм^2)	Модуль сдвига G 10^{-3}, МПа (кгс/мм^2)	Коэффициент линейного расширения $\alpha\ 10^6$, К$^{-1}$
640-780 (65-80)	180-200 (18-20)	75-80 (7 5-8,0)	12-14

Таблица 12.1.7 – Значение модуля упругости и модуля сдвига в зависимости от температуры [36]

Температура t, °С	24	200	300	400	500	600
Модуль упругости E, кгс/мм^2	20 200	19 400	18 500	17 900	17 00	-
Модуль сдвига G кгс/мм^2	7 900	7 840	-	6 800	6 550	6 530

Таблица 12.1.8 – Технологические свойства

Пригодность к штамповке и вытяжке	В закаленном состоянии сплав пригоден для холодной штамповки и вытяжки из листа
Свариваемость	Сварка возможна Для сварки прочно-плотных швов в арматуре не рекомендуется из-за склонности к трещинообразованию При термообработке детали необходимо защищать от окисления
Обрабатываемость резанием	Обработка резанием плохая

13 Стали для отливок

13.1 Сталь марки 15Л

Таблица 13.1.1 - Химический состав (по ГОСТ 977-88)

В процентах

C	Mn	Si	Группа отливок	S			P			Fe
				основной	кислой	основной мартен	основной	кислой	основной мартен	
0 12-0 20	0 45-0,90	0,20-0 52	1	0 040	0,060	0,050	0 040	0,060	0,050	Осн.
			2	0,035	0,060	0,045	0,035	0,060	0,040	
			3	0,030	0,050	0,045	0,030	0,050	0,040	

Таблица 13.1.2 - НД и механические свойства в поставке

НД на поставку	Термообработка	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
		σ_T, МПа	$\sigma_в$, МПа	δ_5, %	ψ, %	KCU, кДж/м^2	
		не менее					
ГОСТ 977-88 и СТ ЦКБА 014-2004	910-930 °С	Для толщины стенки до 100 мм					109-136*
		196	392	24	35	491	
*Справочные данные							

Таблица 13.1.3 - Гарантированные механические свойства при высоких температурах [6]

Сортамент	Характеристика	Температура t, °С							
		20	50	100	150	200	250	300	350
Отливки с толщиной стенки до 100 мм	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	392 (40)	392 (40)	373 (38)	363 (37)	363 (37)	353 (36)	343 (35)	333 (34)
	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	196 (20)	196 (20)	196 (20)	177 (18)	157 (16)	147 (15)	138 (14)	118 (12)
	δ %	24	23	23	23	22	21	21	21
	ψ, %	35	35	35	34	34	33	32	30

Таблица 13.1.4 – Ударная вязкость отливок при отрицательных температурах KCU, Дж/см^2 [8]

Температура t, °С					Термообработка
20	- 20	- 40	- 60	- 80	
110	69	12	10	7	Нормализация 940 °С, воздух, отпуск 680 °С

Таблица 13.1.5 – Предел выносливости [8]

σ_1, МПа	Состояние стали		
	$\sigma_{0,2}$, МПа	$\sigma_в$ МПа	НВ
176	200	390	109-136

Таблица 13.1.6 – Технологические свойства [8] и плотность

Температура начала затвердевания, °С	1512-1521
Линейная усадка, %	2,2-2 3
Свариваемость	Без ограничений
Обрабатываемость резанием	Нормализация При НВ 121-126 и $\sigma_в$= 390 МПа Kv = 1,50 (твердый сплав), Kv = 1,35 (быстрорежущая сталь)
Плотность, кг/м^3	7820

13.2 Сталь марки 20Л

Таблица 13.2.1 - Химический состав (по ГОСТ 977-88)

В процентах

C	Mn	Si	Группа отли-вок	S			P			Fe
				основной	кислой	основной мартен.	основной	кислой	основной мартен	
0,17-0,25	0,45-0,90	0,20-0 52	1	0,040	0,060	0,050	0,040	0,060	0,050	Осн.
			2	0,035	0,060	0 045	0,035	0,060	0,040	
			3	0,030	0,050	0,045	0,030	0,050	0,040	

Таблица 13.2.2 - НД и механические свойства в поставке

НД на поставку	Термообработка	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
		$\sigma_т$, МПа	$\sigma_в$, МПа	δ_5, %	ψ, %	KCU, кДж/м^2	
		не менее					
ГОСТ 977-88 и СТ ЦКБА 014-2004	880-900 °С, воздух или 880-900 °С, воздух 630-650 °С	Для толщины стенки до 100 мм					116-144*
		216	412	22	35	491	
* Справочные данные							

Таблица 13.2.3 - Гарантированные механические свойства при высоких температурах [6]

Сортамент	Характеристика	Температура t, °С							
		20	50	100	150	200	250	300	350
Отливки с толщиной стенки до 100 мм	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	412 (42)	412 (42)	412 (42)	392 (40)	370 (38)	370 (38)	370 (38)	360 (37)
	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	216 (22)	216 (22)	196 (20)	176 (18)	170 (17,5)	165 (17)	157 (16)	137 (14)
	δ, %	22	21	20	19	18	18	18	18
	ψ, %	35	35	35	35	35	34	33	32

Таблица 13.2.4 – Ударная вязкость отливок сечением 30 мм при отрицательных температурах KCU, Дж/см^2 [8]

Температура t, °С				Термообработка
20	- 20	- 60	- 80	
55-83	41-64	6-12	3-5	870-890 °С, воздух до 250-300 °С Отпуск 630-650 °С, воздух.

Таблица 13.2.5 – Предел выносливости [8]

σ_{-1}, МПа	n	Состояние стали		
		$\sigma_{0,2}$, МПа	$\sigma_в$ МПа	Твердость, НВ
211	10^7	260	470	-
196	-	280	500	137

Таблица 13.2.6 – Технологические свойства [8] и плотность

Температура начала затвердевания, °С	1512-1521
Линейная усадка, %	2 2-2,3
Свариваемость	Без ограничений
Обрабатываемость резанием	Отжиг НВ=121-126 и $\sigma_в$=390 МПа Kv = 1,50 (твердый сплав) Kv = 1,35 (быстрорежущая сталь)
Плотность, кг/м^3	7850

13.3 Сталь марки 25Л

Таблица 13.3.1 - Химический состав (по ГОСТ 977-88)

В процентах

C	Mn	Si	Группа отли-вок	S			P			Fe
				основной	кислой	основной мартен	основной	кислой	основной мартен	
0 22-0 30	0 45-0 90	0,20-0,52	1	0,040	0,060	0,050	0,040	0,060	0 050	Осн.
			2	0,035	0,060	0 045	0,035	0 060	0,040	
			3	0 030	0 050	0,045	0,030	0,050	0,040	

Таблица 13.3.2 - НД и механические свойства в поставке

НД на поставку	Термообработка	Механические свойства при 20 °С						Твердость, НВ
		$\sigma_т$ МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_в$ МПа (кгс/мм^2)	δ, %	ψ, %	KCU, кДж/м^2 (кгс м/см^2) при 20 °С	KCU, кДж/м^2 (кгс м/см^2) при - 40 °С	
		не менее						
ГОСТ 977-88 и СТ ЦКБА 014-2004	Нормализация 880-890 °С, 610-630 °С	Для толщины стенки до 100 мм						121-151*
		235	441	19	30	392		
	Закалка 870-890 °С, 610-630 °С	Для толщины стенки до 100 мм						-
		294	491	22	33	343	200 (2)	
	Нормализация с отпуском	Для толщины стенки от 100 до 300 мм						-
		202 (20)	386 (39)	13	11	300 (3)	-	
* Справочные данные								

Таблица 13.3.3 - Гарантированные механические свойства при высоких температурах [6]

Сортамент	Характеристика	Температура t, °С							
		20	50	100	150	200	250	300	350
Отливки с толщиной стенки до 100 мм	$\sigma_в$ МПа (кгс/мм^2)	441 (45)	432 (44)	432 (44)	422 (43)	422 (43)	400 (41)	380 (39)	370 (38)
	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	235 (24)	226 (23)	216 (22)	196 (20)	180 (18,5)	175 (18)	170 (17 5)	150 (15 5)
	δ %	19	18	17	17	16	16	16	16
	ψ, %	30	30	30	30	30	30	28	26

Таблица 13.3.4 - Предел ползучести и длительной прочности (отжиг 900 °С) [11]

Температура t, °С	$\sigma_{пол\ 1/10\,000}$, МПа	$\sigma_{пол.\ 1/100\,000}$, МПа	$\sigma_{д\ п\ 10\,000}$, МПа	$\sigma_{д\ п\ 100\,000}$, МПа
400	110	70	195	153
450	-	-	125	95
500	80	36	72	50

Таблица 13.3.5 – Ударная вязкость отливок при отрицательных температурах KCU, кгс м/см^2 [22]

Температура t, °С						Состояние поставки
20	0	- 20	- 30	- 40	- 50	
4,9	2,0	1,3	1,2	0 6	-	Без термообработки
5 5	4 1	1,9	2 5	1,6	1,3	Без термообработки

Таблица 13.3.6 – Предел выносливости [8]

σ_{-1}, МПа	Состояние стали		
	$\sigma_{0,2}$, МПа	$\sigma_в$ МПа	Твердость, НВ
206	235	440	124-151

Таблица 13.3.7 – Технологические свойства [8] и плотность

Температура начала затвердевания, °С	1490-1504
Линейная усадка, %	2,2-2,3
Свариваемость	Ограниченно сваривается
Обрабатываемость резанием	В термообработанном состоянии при НВ 160 Kv = 1,25 (твердый сплав) Kv = 1,00 (быстрорежущая сталь)
Плотность, г/см^3	7,83

13.4 Сталь марки 35Л

Таблица 13.4.1 - Химический состав (по ГОСТ 977-88)

В процентах

C	Mn	Si	Группа отли-вок	S			P			Fe
				основной	кислой	основной мартен	основной	кислой	основной мартен	
0,32-0,40	0,45-0,90	0,20-0,52	1	0,040	0,060	0,050	0,040	0,060	0,050	Осн
			2	0,035	0,060	0,045	0,035	0,060	0,040	
			3	0,030	0,050	0,045	0,030	0,050	0,040	

Таблица 13.4.2 - НД и механические свойства в поставке

НД на поставку	Термообработка	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
		σ_T, МПа	$\sigma_в$ МПа	δ, %	ψ, %	KCU, кДж/м^2	
		не менее					
ГОСТ 977-88 и СТ ЦКБА 014-2004	Нормализация 860-880 °С, отпуск 600-630 °С	Толщина стенки до 100 мм					137-166*
		275	491	15	25	343	
	Закалка 860-880 °С, отпуск 600-630 °С	Толщина стенки до 100 мм					-
		343	540	16	20	294	
* Справочные данные							

Таблица 13.4.3 – Ударная вязкость KCU, Дж/см^2 [8]

Температура t, °С					Термообработка
20	- 20	- 40	- 50	- 60	
28	14	10	8	-	Без термообработки
37	28	26	18	-	Отжиг 860 °С
57-66	31-50	23-45	-	10-34	Нормализация 860-880 °С, воздух до 300-350 °С, затем выдержка 2 ч при 300-350 °С Отпуск 600-620 °С, 3 ч, охлаждение 1 ч в печи до 500 °С, затем на воздухе
83-104	41-87	50-69	-	43-61	После нормализации с отпуском закалка 860-870 °С, масло Отпуск 620-630 °С

Таблица 13.4.4 – Предел выносливости [8]

σ_{-1}, МПа	Состояние стали		
	$\sigma_{0,2}$ МПа	$\sigma_в$ МПа	Твердость, НВ
216	270	490	137-166

Таблица 13.4.5 – Физические свойства [8]

Температура t, °С	Коэффициент линейного расширения α 10^6, мм/мм град	Температура t, °С	Модуль нормальной упругости Е, ГПа	Плотность кг/м^3
20-100	11,09	20	82	7830
20-200	11,89	100	90	
20-400	13,42	200	78	
20-500	14,43	300	75	
-	-	400	68	
-	-	500	63	

Т а б л и ц а 13.4.6 – Технологические свойства [8]

Температура начала затвердевания, °С	1480-1490
Линейная усадка, %	2,2-2,3
Свариваемость	Ограничена. Для сварных конструкций арматуры не применяется
Обрабатываемость резанием	Термообработка НВ 160 Kv = 1,2 (твердый сплав) Kv = 0,9 (быстрорежущая сталь)

13.5 Сталь марки 15ХГСМЛ

Таблица13.5.1 – Химический состав (по СТ ЦКБА 014-2004)

В процентах

C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	S	P	Fe
			не более					
0,10-0,18	0,40-1,20	0,40-1,20	0,40-0,80	-	0,15-0,30	0,035	0,040	Осн.

Таблица 13.5.2- Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Термообработка	Механические свойства при 20 °С					
			$\sigma_в$ МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2)	δ_5 %	ψ, %	KCU, кДж/м^2 (кгс м/см^2)	
			не менее					
Отливка	СТ ЦКБА 014-2004	Нормализация 930-950 °С, 3 ч, отпуск 680 °С 3 ч, охлаждение на воздухе	450 (45)	300 (30)	25	50	При +20 °С 1000 (10,0)	При -60 °С 500 (5,0)

13.6 Сталь марки 20ХЛ

Таблица 13.6.1 - Химический состав (по СТ ЦКБА 014-2004)

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P	Fe
				не более			
0,15-0,25	0,15-0,62	0,30-1,03	0,51-1,50	0,800	0,035	0,04	Осн

Таблица 13.6.2 - НД и механические свойства в поставке

НД на поставку	Термообработка	Механические свойства при 20 °С					
		$\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	δ, %	ψ, %	KCU, кДж/м^2 (кгс м/см^2) при 20 °С	KCU, кДж/м^2 (кгс м/см^2) при - 50 °С
		не менее					
СТ ЦКБА 014-2004	Нормализация 850-900 °С, отпуск 650 °С	250 (25)	450 (45)	18	30	600 (6)	200 (2)

Таблица 13.6.3 – Технологические свойства

Свариваемость	Сварка допустима Рекомендуется последующая термообработка
Обрабатываемость резанием	Удовлетворительная

13.7 Сталь марки 20ГЛ

Таблица 13.7.1 – Химический состав (по **ГОСТ 21357-87**)

В процентах

C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	S	P	Fe
			не более					
0,17– 0,25	0,10 – 1,40	0,30 – 0,50	0,3	0,3	0,3	–	–	Осн

Таблица 13.7.2 – Механические свойства

ГОСТ	Термообработка	Механические свойства при 20 °С						
		$\sigma_т$, МПа	$\sigma_в$, МПа	δ, %	ψ, %	KCV_{60}	KCU_{-60}	Твердость, НВ
						кДж/м^2		
		не менее						
ГОСТ 21357-87	Нормализация при 920-940 °С	300	500	20	35	2,0	3,0	–
	Закалка с 920 – 940 °С в воде, отпуск при 600 – 620 °С	400	550	15	30	2,0	3,0	–

13.8 Сталь марки 20ХМЛ

Таблица 13 6 1 - Химический состав (по ГОСТ 977-88)

В процентах

C	Mn	Si	Cr	Mo	S	P	Fe
					не более		
0,15-0,25	0,40-0,90	0,20-0,42	0,40-0,70	0,40-0,60	0,04	0,04	Осн.

Таблица 13.8.2 - НД и механические свойства в поставке*

НД на поставку	Термообработка	Механические свойства при 20 °С					
		$\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_в$ МПа (кгс/мм^2)	δ, %	ψ, %	KCU, кДж/м^2 (кгс м/см^2) при 20 °С	KCU, кДж/м^2 (кгс м/см^2) при - 50 °С
		не менее					
ГОСТ 977-88	Нормализация 880-890 °С, отпуск 600-650 °С	Для толщины стенки до 100 мм					
		245	441	18	30	294	-
СТ ЦКБА 014-2004		Для толщины стенки от 100 мм до 300 мм					
		250 (25)	450 (45)	18	30	300 (3)	200 (2)

Таблица 13.8.3 - Гарантированные механические свойства при высоких температурах [6]

Сортамент	Характеристика	Температура t, °С										
		20	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Отливки	$\sigma_в$ МПа (кгс/мм^2)	500 (51)	490 (50)	480 (49)	475 (48,5)	470 (48)	460 (47)	450 (46)	440 (45)	430 (44)	425 (43)	410 (42)
	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	400 (41)	395 (40,5)	390 (40)	385 (39)	380 (39)	370 (38)	360 (37)	350 (36)	340 (35)	323 (33)	323 (33)
	δ, %	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	ψ, %	27	28	30	32	35	40	52	55	55	55	55

Таблица 13.8.4 - Гарантированные значения пределов длительной прочность σд.п., МПа (кгс/мм^2) [6]

$\sigma_в$, $\sigma_т$ МПа (кгс/мм^2) при 20 °С	t, °С	Время, ч									
		10	30	10^2	$3\ 10^2$	10^3	$3\ 10^3$	10^4	$3\text{-}10^4$	10^5	$2\ 10^5$
$\sigma_в$≥441 (45) $\sigma_т$≥245 (25)	500	309 (31,5)	301 (30,7)	279 (28,5)	261 (26,6)	235 (24,0)	217 (22,0)	163 (16,6)	137 (14,0)	106 (11,0)	90 (9,2)
	Средние значения условного предела длительной прочности σд п., МПа (кгс/мм^2), [6]										
$\sigma_в$≥441 (45) $\sigma_т$≥245 (25)	500	412 (42,0)	402 (41,0)	372 (38,0)	348 (35,5)	314 (32,0)	289 (29,5)	217 (22,1)	183 (18,7)	142 (14,5)	120 (2,2)

Таблица 13.8.5 - Предельные значения пределов длительной пластичности [6]

$\sigma_в$, $\sigma_т$ МПа (кгс/мм^2)	t, °С	Пластичность	Время, ч									
			10	30	10^2	$3\ 10^2$	10^3	$3\ 10^3$	10^4	$3\ 10^4$	10^5	$2\ 10^5$
$\sigma_в$≥432 (44)	500	δ, %	30	27	20	11	7	6	6,5	9	18	24
$\sigma_т$≥245 (25)		ψ, %	45	45	43	32	20	13	10	13	25	32

Таблица 13.8.6 - Предел ползучести и длительной прочности σпол., σд п., МПа [11]

Температура t, С	$\sigma_{1/10\,000}$	$\sigma_{1/100\,000}$	$\sigma_{10\,000}$	$\sigma_{100\,000}$
470		162	280	210
510	180	66	170	120
550	80	29	80 90	55

Таблица 13.8.7 Чувствительность к охрупчиванию при старении [22]

Время, ч	Температура t, °С	KCU, кгс м/см^2
Исходное состояние		7-17
5 000	450	10
	500	10-12
	550	10-12

Таблица 13.8.8 – Технологические свойства и плотность

Температуры начала затвердевания, °С	1494-1506
Линейная усадка, %	2,2-2,3
Свариваемость	Ограниченная. Необходим подогрев и последующая термообработка
Обрабатываемость резанием	Нормализация с отпуском При НВ 135-180 и $\sigma_в$=460 МПа. Kv = 0,85 (быстрорежущая сталь)
Плотность, г/см^3	7,8

13.9 Сталь марки 20ГМЛ

Таблица 13.9.1 Химический состав (по СТ ЦКБА 014 2004)

В процентах

C	Si	Mn	Mo	Zr	Ca	Cr	Ni	S	P	Al	Fe
						не более					
0 12 0 20	0 2-0 4	0 8 1 2	0 25-0 35	0 05-0 10	0 05-0 15	0 5	0 5	0 03	0 03	0 08	Осн

Таблица 13.9.2 НД и механические свойства в поставке*

НД на поставку	Термообработка	Механические свойства при 20 С					
		$\sigma_т$ МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_в$ МПа (кгс/мм^2)	δ /	ψ /	KCU кДж/м^2 (кгс м/см^2) при 20 С	при 50 С
		не менее					
СТ ЦКБА 014 2004	Нормализация 900 920 С отпуск 600-650 С	Для сред содержащих сероводород					
		240 (24)	420 (42)	22		800 (8)	300 (3)
		Для северного исполнения при – 60 С					
		240 (24)	420 (42)	18	30	500 (5)	200 (2)
* При расчете на прочность механические и физические свойства стали 20ГМЛ в интервале температур от –50 до 250 С следует принимать равными свойствам стали 20Л							

Таблица 13.9.3 – Допустимые напряжения сталей 20ГМЛ и 20ЮЧ при эксплуатации в средах, содержащих сероводород и углекислый газ (до 25 / об каждого) [43]*

Марка стали	Допустимые напряжения σ кгс/см^2 при температуре С				
	20	100	150	200	250
20ГМЛ**	1120	1000	925	840	780
20ЮЧ	1200	1100	920	840	780
* Запас прочности, учитывающий воздействие среды $n_{\sigma 0,2} = 2\,0$ $n_\sigma = 3\,0$ ** Для стали 20ГМЛ поправочный коэффициент равен 0 8 (ГОСТ 14249-80)					

13 10 Сталь марки 20Х5МЛ (мартенситного класса)

Таблица 13.10.1 Химический состав (по ГОСТ 977-88)

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Mo	S	P
					не более	
0 15-0 25	0 35-0 70	0 40-0 60	4 0-6 5	0 40-0 65	0 04	0 04

Таблица 13.10.2 НД, механические свойства в поставке

НД на поставку	Термообработка	Механические свойства при 20 С					Твердость НВ
		σ МПа	σ МПа	δ_5 /	ψ /	KCU кДж/м^2	
		не менее					
ГОСТ 977 88 и СТ ЦКБА 014 2004	Отжиг 940 960 С Нормализация 940 960 С отпуск 680 720 С	392	>89	16	30	392	195 240*
* Справочные данные							

Таблица 13.10.3 Механические свойства при высоких температурах [22]*

Температура t, С	$\sigma_{0,2}$ кгс/мм^2	σ кгс/мм^2	δ_5 /	ψ /
20	56 2	72 1	10 4	34 9
200	54 0	67 0	9 9	40 4
400	50 1	60 0	6 6	31 8
500	36 6	47 5	10 7	44 8
600	15 8	29 7	20 0	75 5
*Отжиг 950 С закалка 920 С масло отпуск 660 С				

Таблица 13.10.4 – Предел ползучести и длительной прочности, кгс/мм^2 [22]

Температура t, С	$\sigma_{пол\ 1/1}$	$\sigma_{пол\ 1/10^5}$	$\sigma_{д.п\ 1\ 000}$	$\sigma_{д.п.10\ 0000}$
500	13 0	8 5	18 3	13 0
550	5 7	3 7	9 3	6 4
600	2 9	1 8	4 9	3 4

Таблица 13.10.5 – Физические свойства

Физические свойства допускается принимать по аналогии со сталью 15Х5М

Таблица 13.10.6 – Технологические свойства

Свариваемость	Свариваемость ограниченная Необходим предварительный подогрев и последующая термообработка
Обрабатываемость резанием	Закалка и отпуск НВ 195 240 и σ =60 кгс/мм^2 Kv = 0 45 (быстрорежущая сталь)

13 11 Сталь марки 20Х13Л (мартенситного класса)

Таблица 13.11.1 Химический состав (по ГОСТ 977-88)

В процентах

C	Si	Mn	Cr	S	P
				не более	
0 16-0 25	0 2-0 8	0 3-0 8	12 0 14 0	0 025	0 03

Таблица 13.11.2 НД, механические свойства в поставке

НД на поставку	Термообработка	Механические свойства при 20 С					Твердость НВ
		$\sigma_т$, МПа	$\sigma_в$, МПа	δ_5 /	ψ /	KCU кДж/м^2	
		не менее					
ГОСТ 977 88	Отжиг 940 960 С закалка 1040 1060 С масло или воздух, отпуск 740 760 С	441	589	16	40	392	

Таблица 13.11.3 Механические свойства отливок сечением 30 мм при повышенных температурах [8]

Температура t, С	$\sigma_{0.2}$ МПа	$\sigma_в$ МПа	δ_5 /	ψ %
Нормализация 940 950 С отпуск 740 750 С Закалка 940 950 С масло отпуск 740 750 С				
100	385-455	560-630	21 23	57-66
200	355-445	520-600	18 22	55-65
300	360 395	510 >40	17 19	51-62
400	335-405	470 530	14 19	51-61
500	335 405	470 530	14 20	52 64

Таблица 13.11.4 – Физические свойства [8]

Температура t, С	Коэффициент линейного расширения $\alpha 10^6$ С	Температура t, С	Модуль нормальной упругости Е ГПа	Плотность кг/м^3
20 100	10 0	20	222	7740
20 200	10 8	100	216	
20 300	11 3	200	211	
20-400	11 7	300	203	
20 500	12 1	400	195	
20-600	12 4	500	184	
		600	167	

Таблица 13.9.5 – Технологические свойства

Температура начала затвердевания, С	1489 1497
Линейная усадка, /	2 2 2 3
Свариваемость	Ограниченная Для сварных конструкции арматуры не применяется
Обрабатываемость резанием	В термически обработанном состоянии при НВ≥170 Kv = 1 2 (твердыи сплав) Kv = 0 5 (быстрорежущая сталь)

13.12 Сталь марки 14Х18Н4Г4Л (аустенито-мартенситного класса)

Таблица 13.12.1 - Химический состав ГОСТ 977-88

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P	Fe
					не более		
не более 0,14	0,2-1,0	4,0-5,0	16,0-20,0	4,0-5,0	0,030	0,035	Осн

Таблица 13.12.2 - НД, механические свойства в поставке

НД на поставку	Термообработка	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
		$\sigma_т$, МПа	$\sigma_в$, МПа	δ_5, %	ψ, %	KCU, кДж/м^2	
		не менее					
ГОСТ 977-88	Закалка 1020-1070 °С, вода	245	441	25	35	981	-

Таблица 13.12.3 - Механические свойства при высоких температурах [21]*

Температура t, °С	$\sigma_т$, кгс/мм^2	$\sigma_в$, кгс/мм^2	δ_5, %	ψ, %	$\sigma_{пол\ 1/10^5}$, кгс/мм^2	$\sigma_{д\ п.10\,000}$, кгс/мм^2
20	29,3	74,8	54,3	28,8	-	-
500	-	48,0	44,9	42,9	-	30,1
550	-	42,5	39,5	46,1	3,4	16,0
600	-	40,6	35,3	58,4	-	11,0

Таблица 13.12.4 – Чувствительность к охрупчиванию при старении [45]

Температура t, °С	KCU*, кгс м/см^2, после выдержки, ч		
	100	500	1000
300	29,7	35,7	35,4
350	20,4	31,8	32,1
400	30 0	27,0	25,1
450	29,0	26,0	10,0
500	25,0	6,0	4,3
* KCU без выдержки 27 кгс м/см^2			

Таблица 13.12.5 – Ударная вязкость при отрицательных температурах [45] KCU, кгс м/см^2

Температура t, °С					
20	- 50	- 70	- 100	- 120	- 180
31,3	24,1	25,0	15,9	5,2	3,40
30,8	22,4	22,5	14,5	4,7	3,60
34,5	23,0	24,7	-	3,5	3,85
-	27,8	-	-	5,2	3 55

Таблица 13.12.6 – Технологические свойства

Свариваемость	Сварка допустима Рекомендуется последующая термообработка.

13.13 Сталь марки 10Х18Н9Л (аустенитного класса)

Таблица 13.13.1 - Химический состав (по ГОСТ 977-88)

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P	Fe
					не более		
не более 0,14	0,2-1,0	1,0-2,0	17,0-20,0	8,0-11,0	0,03	0,035	Осн

Таблица 13.13.2 - НД на поставку, механические свойства в поставке

НД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С						Твердость, НВ, МПа (кгс/мм^2)
		$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, кДж/см^2 (кгс м/см^2) при 20 °С	KCU, кДж/см^2 (кгс м/см^2) при -196 °С	
		не менее						
ГОСТ 977-88 и СТ ЦКБА 014-2004	Закалка 1050-1100 °С, вода, масло или воздух	177	441	25	35	981	400 (4)	1000 (100)

Таблица 13.13.3 - Жаростойкость стали [8]

Температура t, °С	Длительность испытания, ч	Глубина, мм/год	Группа стойкости или балл
1000	500	0,018-0,002	4

Таблица 13.13.4 – Технологические свойства

Свариваемость	Сварка допустима Рекомендуется последующая термообработка
Обрабатываемость резанием	Плохая

13.14 Сталь марки 12Х18Н9ТЛ (аустенитного класса)

Таблица 13.14.1 - Химический состав (по ГОСТ 977-88)

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	S	P	Fe
не более						не более		
0,12	0,2-1,0	1,0-2,0	17,0-20,0	8,0-11,0	От (5хС) до 0,7	0,03	0,035	Осн

Таблица 13.14.2 - НД на поставку, механические свойства в поставке

НД на поставку	Термообработка	Механические свойства при 20 °С						Твердость, НВ
		$\sigma_т$, МПа	$\sigma_в$, МПа	δ_5, %	ψ, %	KCU, кДж/м^2 (кгс м/см^2) при 20 °С	KCU, кДж/м^2 (кгс м/см^2) при –196 °С	
		не менее						
ГОСТ 977-88 и СТ ЦКБА 014-2004	Закалка 1050-1100 °С, вода, масло или воздух	196	441	25	32	590	400 (4)	137-163*
* Справочная.								

Таблица 13.14.3 - Гарантированные механические свойства при высоких температурах [6]

Температура t, °С	Характеристика			
	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	δ, %	ψ, %
20	441 (45)	196 (20)	25	32
50	442 (43)	196 (20)	24	32
100	412 (42)	196 (20)	24	32
150	402 (41)	177 (18)	22	30
200	383 (39)	167 (17)	20	30
250	363 (37)	167 (17)	18	27
300	353 (36)	157 (16)	17	27
350	333 (34)	147 (15)	16	26
400	333 (34)	137 (14)	15	26
450	323 (33)	128 (13)	15	26
500	323(33)	118 (12)	15	26
550	304 (31)	118 (12)	15	26
600	294(30)	118 (12)	15	26

Таблица 13.14.4 - Чувствительность к охрупчиванию при старении [22]

Время, ч	Температура t, °С	KCU, кгс м/см^2
Исходное состояние		11
3 000	550	9
	600	9-11
	650	7-9

Таблица 13.14.5 – Технологические свойства

Температура начала затвердевания, °С	1425-1440
Линейная усадка, %	2,7-2,8
Свариваемость	Ограниченно свариваемая. Рекомендуется подогрев и последующая термообработка
Обрабатываемость резанием	Плохая

13.15 Сталь марки 12Х18Н12М3ТЛ (аустенитного класса)

Таблица 13.15.1 – Химический состав (по ГОСТ 977-88)

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Ti	S	P	Fe
не более							не более		
0,12	0,2-1,0	1,0-2,0	16,0-19,0	11,0-13,0	3,0-4,0	от (5хС) до 0,7	0,03	0,035	Осн

Таблица 13.15.2 – НД на поставку, механические свойства в поставке

НД на поставку	Термообработка	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
		$\sigma_т$, МПа	$\sigma_в$, МПа	δ, %	ψ, %	KCU, кДж/м^2	
		не менее					
ГОСТ 977-88 и СТ ЦКБА 014-2004	Закалка 1100-1150 °С, вода	216	441	25	30	590	126-163*
* Справочная.							

Таблица 13.15.3 – Гарантированные механические свойства при высоких температурах [6]

Температура t, °С	Характеристика		
	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	δ, %
20	500 (51,0)	216 (22,0)	30
50	480 (49,0)	196 (20,0)	28
100	450 (46,0)	170 (17 3)	27
150	425 (43,0)	165(16,8)	25
200	400 (41,0)	160 (16,3)	23
250	380 (38,7)	155 (15,8)	21
300	360 (36,7)	150 (15,3)	19
350	340 (34,7)	140 (14,2)	16
400	328 (33,5)	138 (14,0)	15
450	316 (32,2)	136 (13,8)	14
500	304 (31,0)	134 (13,6)	14
550	292 (29,8)	132 (13,5)	13
600	280 (28,6)	130 (13,0)	12

Таблица 13.15.4 – Гарантированные значения предела длительной прочность $\sigma_{д\,п}$, МПа (кгс/мм^2), [6]

$\sigma_в$, $\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2) при 20 °С	t, °С	Время, ч									
		10	30	10^2	$3\,10^2$	10^3	$3\,10^3$	10^4	$3\,10^4$	10^5	$2\,10^5$
$\sigma_в \geq 491(50)$	500	213 (21,8)	209 (21,4)	206 (21,0)	202 (20,6)	199 (20,3)	176 (18,0)	162 (16,5)	140 (14,3)	132 (13,5)	121 (12,4)
$\sigma_т \geq 216(22)$	Средние значения условного предела длительной прочности $\sigma_{д\,п}$, МПа (кгс/мм^2), [6]										
	500	284 (29,0)	280 (28,5)	274 (28,0)	270 (27,5)	267 (27,0)	235 (24,0)	216 (22,0)	186 (19,0)	176 (18,0)	162 (16,5)

Таблица 13.15.5 – Технологические свойства

Свариваемость	Сварка допустима Рекомендуется последующая термообработка
Обрабатываемость резанием	Плохая

13.16 Сталь марки 16Х18Н12С4ТЮЛ (ЭИ 654 ЛК)** (аустенито-ферритного класса)

Таблица 13.16.1 - Химический состав (по ГОСТ 977-88)

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	Al	S	P	Fe
							не более		
0,13-0,19	3,8-4,5	0,5-1,0	17,0-19,0	11,0-13,0	0,4-0,7	0,13-0,35	0,03	0,03	Осн

Таблица 13.16.2 - НД на поставку, механические свойства в поставке

НД на поставку	Термообработка	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
		$\sigma_т$, МПа	$\sigma_в$, МПа	δ, %	ψ, %	KCU, кДж/м^2	
		не менее					
ГОСТ 977 и СТ ЦКБА 014-2004	Закалка 1150-1200 °С, вода	245	491	15	30	275	156-196*
*Справочная							

Таблица 13.16.3 - Механические свойства

Температура t, °С	$\sigma_{0,2}$, кгс/мм^2	$\sigma_в$, кгс/мм^2	δ, %	ψ, %	E, кгс/мм^2
20	29,1-30,7	66,1-71,3	26,3-39,7	40,3-44,8	15700
300	19,0-19,7	48,3-52,1	20,9-30,2	31,0-35,8	-
400	17,6-18,0	50,8	38,4-37,1	36,3-47,7	13500

Таблица 13.16.4 – Технологические свойства

Свариваемость	Сварка допустима. Для повышения коррозионной стойкости рекомендуется последующая термообработка
Обрабатываемость резанием	Удовлетворительная

** Физические свойства допускается принимать по аналогии со сталью 16Х18Н12С4ТЮ (ЭИ654)

13.17 Сталь марки 07Х20Н25М3Д2ТЛ (аустенитного класса)

Таблица 13.17.1 – Химический состав (по СТ ЦКБА 014-2004)

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Ti	Cu	S	P	Fe
не более								не более		
0,07	0,8	0,8	19,0-21,0	24,0-26,0	2,3-3,0	0,4-0,7	1,8-2,2	0,02	0,02	Осн.

Таблица 13.17.2 – НД на поставку, механические свойства в поставке

НД на поставку	Термообработка	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
		$\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, кДж/см^2 (кгс м/см^2)	
		не менее					
СТ ЦКБА 014 2004	Закалка 1100-1150 °С, вода	200 (20)	400 (40)	20	20	800 (8)	112-137*
* Справочная.							

Таблица 13.17.3 – Технологические свойства

Свариваемость	Сварка возможна Для сварно-литых конструкций не применяется
Обрабатываемость резанием	Плохая

13.18 Сталь марки 05Х18АН6М2ФЛ (аустенитного класса)

Таблица 13.18.1 – Химический состав (по ОСТ 26-07-402-83)

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Cu	S	P	N	V	Ca	B	Fe
не более						не более							
0,07	0,2-1,0	1,0-2,0	17,0-20,0	5,5-7,0	2,0-3,0	0,3	0,02	0,03	0,12-0,16	0,1-0,3	0,005-0,02	0,01-0,2	Осн

Таблица 13.18.2 – НД, механические свойства в поставке

НД на поставку	Термообработка	Механические свойства при 20 °С						Твердость, НВ
		$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, кДж/см^2 (кгс м/см^2) при 20 °С	KCU, кДж/см^2 (кгс м/см^2) при -196 °С	
		не менее						
ОСТ 26-07-402-83	Закалка 1100-1150 °С вода	250 (25)	500 (50)	25	32	1000 (10)	600 (6)	-

13.19 Сталь марки 15ГСЛ

Таблица 13.19.1 – Химический состав (по **ТУ У 27 1-21871578-002 2008**) [79]

В процентах

C	Si	Mn	Ni	Cu	Cr	S	P	Ti
не более								
0,22	0,90	1,85	0,30	0,60	0,30	0,02	0,02	0,015-0,030

Таблица 13.19.2 – Механические свойства в поставке (по **ТУ У 27 1-21871578-002 2008**)

Категория свойств	Механические свойства при 20 °С					
	$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 при -60 °С	KCV, Дж/см^2 при -60 °С
	не менее					
1	300 (30)	450 (45)	25	50	30	24,5
2	350 (35)	500 (50)	25	30	-	-
3	400 (40)	600 (60)	20	25	29,4	29,4
4	450 (45)	600 (60)	15	20	19,4	29,4
Примечание – При определении ударной вязкости KCV допускается не определять ударную вязкость KCU при такой же температуре						

13.20 Сплав марки 02Х25Н22АМ2 (ЧС 108)

Таблица 13.20.1 – Химический состав (по ТУ У 27 1-00218325-023 2006) [80]

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	N	S	P
не более							не более	
0,02	0,40	1,5 – 2,0	24,0 – 26,0	21,0 – 23,0	2,0 – 2,5	0,10 – 0,14	0,015	0,020

Таблица 13.20.2 – Сортамент, НТД, механические свойства в поставке

НТД на поставку	Вид поставки	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
		$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс м/см^2)	
		не менее					
ТУ У 27 1-00218325-023 2006	Закалка (1100± 10)°С, воздух	На образцах (1070 °С, вода)					–
		550 (55)	250 (25)	30	30	196 (20)	
Примечание – Стойкость к МКК гарантируется по ТУ У 27 1-00218325 023 2006							

13.21 Сталь марки 03Х17Н14М3Л

Таблица 13.21.1 – Химический состав (по ТУ У 27 1-00218325-029 2007) [81]

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	S	P
не более						не более	
0,025	0,40	1,0 – 2,0	16 8 – 18,3	13,5 – 15,0	2,2 – 2,8	0,025	0,030

Таблица 13.21.2 – НД на поставку, механические свойства в поставке

НД на поставку	Термообработка	Механические свойства при 20 °С				
		$\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCV, Дж/м^2 (кгс м/см^2)
		не менее				
ТУ У 27 1-00218325-029 2007	Закалка (1120 ± 20)°С, вода	195 (20)	400 (40)	40	60	196 (20)

13.22 Сталь марки 06ХН28МДТ (ЭИ 943)

Таблица 13.22.1 – Химический состав (по ТУ У 27.1-00218325 030 2008) [82]

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Cu	Ti	S	P
не более								не более	
0,06	0,80	0,80	22,0 – 25,0	26,0 – 29,0	2,5 – 3,0	2,5 – 3,0	0,5 – 0,9	0,020	0,035

Таблица 13.22.2 – НД на поставку, механические свойства в поставке

НД на поставку	Термообработка	Механические свойства при 20 °С				
		$\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCV, (кгс м/см^2)
		не менее				
ТУ У 27 1-00218325 030 2008	Закалка (1070 ± 15)°С, вода	196 (20)	400 (40)	20	40	20

14 Цветные металлы

14.1 Медь марок М1, М2, М3

Таблица 14.1.1 - Химический состав (по ГОСТ 859-78)

В процентах

Марка	Cu не менее	O	Bi	Sb	As	Fe	Ni	Pb	Sn	S	Zn	Ag
		не менее										
М1	99,9		0,001	0,002	0,002	0,005	0,002	0,005	0,002	0,005	0,004	0 002
М2	99,7	0,07	0,002	0,005	0,01	0,05	0,2	0,01	0,05	0,01		-
М3	99,9	0,08	0,003	0,05	0,05	0,06	0,2	0,05	0,5	0,1		-

Таблица 14.1.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Состояние поставки	Толщина или диаметр, мм	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
				$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5 (δ_{10}), %	ψ, %	KCU, кгс м/см^2	
				не менее					
Лист и полоса холоднокатаные от 0,4 до 6 мм, листы горячекатаные от 3 до 25 мм,	ГОСТ 495-92	твердое	0,4-6,0	290 (30)	-	3	-	-	95
		полутвердое		250-310 (25-32)	-	12	-	-	75
		мягкое		200-260 (20-27)	-	36	-	-	55
		горячекатаные	3-25	200 (20)	-	30	-	-	60
Трубы тянутые холоднокатаные, Ø от 3 до 360 мм, прессованные Ø от 3 до 360 мм	ГОСТ 617-90	мягкое	ø 3 -360	200 (20)	-	38 (35)	-	-	-
		полутвердое		240 (25)	-	10 (8)	-	-	-
		твердое		280 (29)	-	3 (2)	-	-	-
		прессованные	до 200	190 (19)	-	32 (30)	-	-	-
			св 200	180 (18)					
Прутки тянутые Ø от 3 до 50 мм, прессованные от 20 до 150 мм	ГОСТ 1535-91	тянутые мягкие	3-50	200 (20)	-	40 (35)	-	-	-
		полутвердые	3-50	240 (24)	-	15 (10)	-	-	-
		твердые	3-50	270 (28)	-	8 (5)	-	-	-
		прессованные	20-150	190 (19)	-	35 (30)	-	-	-
		Прутки повышенной пластичности (по требованию)							
		тянутые мягкие	3-50	210 (22)	-	45 (40)	-	-	-
		полутвердые		240 (24)	-	17 (15)	-	-	-
		твердые		290 (30)	-	8 (6)	-	-	-

Таблица 14.1.3 - Механические свойства в зависимости от температуры [47, 49]

Температура t, °С	$\sigma_т$, кгс/мм^2	$\sigma_в$, кгс/мм^2	δ, %	ψ, %	KCU, кгс м/см^2
В отожженном состоянии					
20	-	21,7	50,9	71,1	17,95
200	-	16,1	53,7	73,3	16,00
300	-	13,7	50,7	70,2	15,05
400	-	11,1	44,8	57,7	14,50
500	-	6,8	52,5	86,0	12,90

Окончание таблицы 14.1.3

Температура t, °С	$\sigma_т$, кгс/мм^2	$\sigma_в$, кгс/мм^2	δ, %	ψ, %	KCU, кгс м/см^2
В закаленном состоянии					
20	-	33,2	10,0	61,8	-
200	-	29,5	9,1	58,5	-
300	-	19,2	13,5	66,6	-
400	-	11,3	45,6	75,0	-
500	-	6,8	64,4	91,8	-
В отожженном состоянии					
20	6,7	20,3	45,4	84,0	17,0
- 183	8,3	30,6	53,1	85,9	21,3
- 196	7,5	33,2	53,6	83,8	21,2
- 253	13,9	47,5	58,8	74,0	21,6

Таблица 14.1.4 – Физические свойства

Температура t, °С	Коэффициент линейного расширения α 10^6, мм/мм град	Температура t, °С	Модуль нормальной упругости E 10^5, кгс/мм^2	Плотность, г/см^3
20-100	16,8	15	11 500	8,95
20-200	17,3	- 40	12 000	
20-300	17,7	- 80	12 100	
20-400	17,9	- 180	12 400	
20-500	18,3	- 269	14 800	
20	16,8	-	-	
- 40	16,3	-	-	
- 60	16,0	-	-	
- 100	14,5	-	-	
- 180	12,5	-	-	
- 196	12,2	-	-	
- 260	0,02	-	-	

Таблица 14.1.5 – Технологические свойства

Температурный интервал ковки, °С	850-550
Температура плавления $t_{пл}$, °С	1083
Температура отжига, °С	600-650
Обрабатываемость штамповкой	Отлично штампуется в холодном и горячем состоянии
Свариваемость	Сваривается удовлетворительно Паяется хорошо
Обрабатываемость резанием	Плохая Лучше обрабатывается в наклепанном состоянии

14.2 Никель марок НП1, НПОЭ$_{ви}$, НП1Э$_{в}$

Таблица 14.2.1 - Химический состав (по ГОСТ 492-2006)

В процентах

Ni+Co не менее	Fe	Si	Mg	Mn	Cu	Pb	S	C	P	Bi	As	Sb	Zn	Cd	Sn	Сумма примесей	
	не более																
99,9	0,04	0,03	0,01	0,002	0,015	0,001	0,001	0,01	0,001	0,001	0,001	0,001	0,005	0,001	0,001	0,1	
Химический состав по ГОСТ 19241-80, %																	
НПОЭ$_{ви}$																O	Al
99,9 Co не более 0,1	0,03	0,01	0,01	0,002	0,015	0,001	0,001	0,03	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,003	0,01
НП1Э$_{в}$																	
99 8 Co не более 0,1	0,04	0,03	0,03	0,002	0,02	0,001	0,003	0,03	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,003	0,01

Таблица 14.2.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Состояние поставки	Механические свойства при 20 °С			Твердость, НВ
			$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	δ_{10} (δ_5), %	Глубина вдавливания по Эриксону	
			не менее			
Листы горячекатаные от 5 до 20 мм, полосы горячекатаные от 5 до 20 мм, холоднокатаные от 1 до 10 мм	ГОСТ 6235-91	НП1				
		горячекатаные	370 (38)	15	-	-
		мягкие	370 (38)	35	8,5	90-120*
		твердые	540 (55)	2	-	125-230*
Лента толщиной от 0,05 до 2 мм	ГОСТ 2170-73	НП1				
		мягкая	390 (40)	32 (35)	-	-
		твердая	440 (45)	10 (12)		
		полутвердая	540 (55)	2 (3)		
		НПОЭ$_{ви}$ и НП1Э$_{в}$				
		мягкая	340 (35)	30 (31)	-	-
		твердая	440 (45)	10 (12)		
		полутвердая	540 (55)	2 (3)		
* Справочные данные						

Таблица 14.2.3 - Механические свойства в зависимости от температуры [51, 53]

Температура t, °С	$\sigma_т$, кгс/мм^2	$\sigma_в$ кгс/мм^2	δ, %	ψ, %	KCU, кгс м/см^2	Твердость, НВ
20	12,0-19,5	40-50	26-40	70	18-32	60-100
300	-	44,8	31	37	-	-
455	-	30,2	20	31	-	-
593	-	20,6	16	25	-	-
800	-	9,2	11	18	-	-

Таблица 14.2.4 - Механические свойства при низких температурах [51]

Состояние материала	Температура t, °С	$\sigma_в$, кгс/мм^2	δ, %	ψ, %
Электролитический (99,8 %)	17	45	35	77
	- 196	63	46	69
	- 253	79	48	69
Кованый	– 20	74	11 5	71
	- 153	102	21 5	54
Деформированный (наклеп 93 %)	20	95 5	1	58
	- 185	109	3	54
Отожженный	20	65	33	63
	- 170	88	42	62
Горячекатаный	20	66	33	45
	- 185	86	47	57

Таблица 14.2.5 – Физические свойства

Температура t, °С	Коэффициент линейного расширения $\alpha 10^{-6}$, мм/мм град	Температура t, °С	Модуль нормальной упругости E, кгс/мм^2	Плотность, г/см^3
20-100	13,7	20	20500-21000	8,85

Таблица 14.2.6 – Технологические свойства

Температурный интервал ковки и штамповки, °С	900-1175
Температура отжига, °С	700-800
Температура отжига для снятия напряжений, °С	300
Обрабатываемость давлением	Хорошо обрабатывается давлением в холодном состоянии
Свариваемость	Сварка возможна Применяется пайка твердыми припоями
Обрабатываемость резанием	Плохая

14.3 Свинец марки С1, С2, С3

Таблица 14.3.1 - Химический состав (по ГОСТ 3778-77)

В процентах

Марка	Pb не менее	Ag	Cu	Zn	Bi	As	Sn	Sb	Fe	Mg+Ca+Na
		не менее								
С1	99,985	0,0010	0,001	0,001	0,006	0,001	0,001	0,001	0,001	0,003
С2	99,950	0,0015	0,001	0,001	0,030	0,002	0,002	0,005	0,002	0,015
С3	99,900	0,0015	0,002	0,005	0,060	0,005	0,002	0,005	0,005	0,040

Таблица 14.3.2 - Сортамент, НД

Вид и размер заготовок	НД на поставку
Листы свинцовые толщина от 0,2 до 15 мм, ширина 500, 600 мм	ГОСТ 9559-89
Трубы свинцовые Ø от 8 до 150 мм, толщина стенки от 2 до 10 мм	ГОСТ 167-69

Таблица 14.3.3 - Механические свойства свинца С2 при высоких и низких температурах[49]

Характеристика	При температуре 20 °С			Температура t, °С							
	чистый	литой	деформ.	20	- 180	- 253	20	82	150	195	263
$\sigma_т$ кгс/мм^2	0,5-1,0	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$\sigma_в$ кгс/мм^2	1,5	1,1-1,3	1,5	2,1	4,4	7,1	1,35-1,80	0,8	0,5	0,4	0,2
δ, %	50	30-40	60-70	33,2	40,3	36	35-50	24	33	20	20
ψ, %	100	92-100	-	-	-	-	100	100	100	100	100
KCU, ккгс м/мм^2	-	-	-	23	3,7	-	-	-	-	-	-
Твердость, НВ (d отп)	4,0-6 0	3,2-4,5	3,0-4,8	4,3	-	-	4,3-5 0	3	1,44	1,2	0,7

Таблица 14.3.4 – Физические свойства

Температура t, °С	Модуль нормальной упругости Е, МПа	Коэффициент линейного расширения α 10^6, $К^{-1}$	Плотность, г/см^3
-180	2000	29,50	11,34
0	1600		
100	1500		
200	1300		
300	1000		

Таблица 14.3.5 – Технологические свойства

Температура плавления $t_{пл}$, °С	327
Обрабатываемость давлением	Отлично обрабатывается давлением в холодном состоянии
Обрабатываемость резанием	Плохая

15 Сплавы на основе меди деформируемые

15.1 Латунь марки Л63

Таблица 15.1.1 - Химический состав (по ГОСТ 15527-70)

В процентах

Cu	Zn	Pb	Fe	Sb	Bi	P
		не более				
62,0-85,0	Ост	0,07	0,2	0,005	0,002	0,01

Таблица 15.1.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Состояние поставки	Толщина или диаметр, мм	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
				$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5 (δ_{10}) %	ψ, %	KCU, кгс м/см^2	
				не менее					
Листы горячекатаные от 5 до 25 мм, холоднокатаные от 0,4 до 5 мм, холоднокатаные полосы от 0,4 до 12 мм	ГОСТ 931-90	мягкий	0,4-12	11*	290-400 (30-41)	(38)	66*	14*	56*
		полутвердый	0,4-12	-	340-470 (35-48)	(20)	-	-	-
		твердый	0,4-10	-	410-570 (42-58)	(8)	-	-	-
		особотвердый	0,4-2	48*	510-640 (52-65)	(4)	31*	10,5*	164*
		пружинно-твердый	0,4-12	-	610 (62)	-	-	-	-
		горячекатаный	5-25	-	290-390 (30-40)	(30)	-	-	-
Трубы тянутые и холоднокатаные Ø от 3 до 100 мм, прессованные Ø от 21 до 195 мм	ГОСТ 494-90	мягкое	все размеры	-	290 (30)	(40)	-	-	-
		четвертьтвердое		-	330 (34)	(30)	-	-	-
		полутвердое		-	370 (38)	(25)	-	-	-
		прессованные		-	270 (28)	(38)	-	-	-
Прутки тянутые Ø от 3 до 50 мм, прессованные от 10 до 160 мм	ГОСТ 2060-90	прессованные	10-160	-	290 (30)	33 (30)	-	-	65-120
		мягкие	3-50	-	290 (30)	44 (40)	-	-	65-120
		полутвердые	3-40	-	370 (38)	17 (15)	-	-	121-165
		твердые	3-12	-	440 (45)	11 (10)	-	-	не менее 161
		По требованию потребителя							
		прессованные	10-160	-	290 (30)	39 (35)	-	-	-
		мягкие	3-50	-	290 (30)	46 (40)	-	-	-
		полутвердые	3-40	-	370 (38)	27 (24)	-	-	-
		твердые	3-12	-	440 (45)	14 (11)	-	-	-
Лента толщиной от 0 05 мм до 2 мм	ГОСТ 2208-91	мягкая	0,14-2,0	-	290-410 (30-42)	38	-	-	-
		полутвердая	0,14-2,0	-	340-470 (35-48)	20	-	-	-
		твердая	0,14-2,0	-	410-570 (42-58)	8	-	-	-
		особотвердая	0,05-2,0	-	510-640 (52-65)	4	-	-	-
		пружинно-твердая	0,1-1,0	-	610 (62)	-	-	-	-

Окончание таблицы 15.1.2

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Состояние поставки	Толщина или диаметр, мм	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
				$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\delta_5(\delta_{10})$, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс м/см^2)	
				не менее					
Проволока круглая, квадратная, шестигранная	ГОСТ 1066-90	мягкая	0,1-0,18	-	340 (35)	18	-	-	-
		твердая	0,1-0,18	-	740-930 (75-95)	-	-	-	-
		мягкая	0,18-0,5	-	340 (35)	20	-	-	-
		полутвердая	0,18-0,5	-	440 (45)	5	-	-	-
		твердая	0,18-0,5	-	690-930 (70-95)	-			
		мягкая	0,5-1,0		340 (35)	26			
		полутвердая	0,5-1,0	-	440 (45)	5			
		твердая	0,5-1,0	-	690-880 (70-90)	-			
		мягкая	1,0-4,8	-	340 (35)	30			
		полутвердая	1,0-4,8	-	390 (40)	10			
		твердая	1,0-4,8	-	590-780 (60-80)	-			
		мягкая	4,8-12,0	-	310 (32)	34			
		полутвердая	4,8-12,0	-	350 (36)	12			
		твердая	4,8-12,0	-	540-740 (55-75)	-			
Прутки прямоугольного сечения прессованные толщина от 10 до 25 мм	ГОСТ 6688-91	горячедеформированный	10-25	-	295 (30)	(30)	-	-	-
* Справочные данные									

Таблица 15.1.3 - Механические свойства в зависимости от температуры [47, 49]

Температура t, °С	$\sigma_т$, кгс/мм^2	$\sigma_в$, кгс/мм^2	δ, %	ψ, %	KCU, кгс м/см^2
20	14	35	56	69	14,2
200	14	28	55	58	6,3
300	12	24	32	30	2,5
400	10	13	22	31	4,5
Пруток тянутый Ø 10 мм					
27	12	34	55	69	11
- 196	13	36	59	72	14
- 269	14	45	67	67	14

Таблица 15.1.4 – Дополнительные данные

Предел длительной прочности при 200°С, $\sigma_{д\ п\ 10\,000}$, кгс/мм^2 [52]		8
Предел выносливости σ_{-1} при 10 10^6 циклов, МПа [2]	мягкая	118
	твердая	151
Коэффициент трения (латунь мягкая) без смазки [2]		0,39

15.2 Латунь свинцовая марки ЛС 59-1

Таблица 15.2.1 - Химический состав по ГОСТ 15527-70

В процентах

Cu	Zn	Pb	Fe	Sb	Bi	P
			не более			
57,0-60,0	Ост	0,8-1,9	0,5	0,1	0,003	0,02

Таблица 15.2.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Состояние поставки	Толщина или диаметр, мм	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
				$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5 (δ_{10}), %	ψ, %	KCU, кгс м/см^2	
				не менее					
Листы горячекатаные от 5 до 25 мм, холоднокатаные от 0,4 до 5 мм, холоднокатаные полосы от 0,4 до 12 мм	ГОСТ 931-90	мягкий	лист 3-12 полоса 1-10	-	340-470 (35-48)	(25)	-	-	70-90*
		твердый	лист 3-10 полоса 1-10	-	460-610 (47-62)	(5)	-	-	140-150*
		горячекатаный	лист 5-25	-	360-490 (37-50)	(18)	-	-	-
Трубы прессованные Ø от 21 до 195 мм	ГОСТ 494-90	прессованные	все размеры	-	390 (40)	(20)	-	-	-
Прутки тянутые Ø от 3 до 50 мм, прессованные от 10 до 160 мм	ГОСТ 2060-90	прессованные	10-160	-	360 (37)	22 (18)	-	-	80-140
			55-160						70-140
		мягкие	3-50	-	330 (34)	25 (20)	-	-	80-140
		полутвердые	3-12	-	410 (42)	10 (8)		-	121-170
			13-20	-	390 (40)	15 (12)			121-170
			21-40	-	390 (40)	18 (15)			121-170
		твердые	3-12	-	490 (50)	7 (5)	-	-	не менее 171
		По требованию потребителя							
		прессованные	10-160	-	360 (37)	23 (20)	-	-	-
		мягкие	3-50	-	340 (35)	32 (30)	-	-	-
		полутвердые	3-12	-	430 (44)	14 (12)	-	-	-
			13-20	-	430 (44)	16 (14)	-	-	-
			21-40	-	410 (42)	20 (17)	-	-	-
		твердые	3-12	-	490 (50)	12 (9)	-	-	-
Проволока круглая, квадратная, шестигранная	ГОСТ 1066-90	мягкая	0,6-1,0		340 (35)	25	-	-	-
		твердая	0,6-1,0		490 (50)	1	-	-	-
		мягкая	1,0-1,9	-	340 (35)	27	-	-	-
		твердая	1,0-1,9	-	470 (48)	3	-	-	-
		мягкая	1,9-5,0	-	340 (35)	30	-	-	-
		полутвердая	1,9-5,0	-	390 (40)	10	-	-	-
		твердая	1,9-5,0	-	490-640 (50-65)	5	-	-	-
		мягкая	5,0-12,0	-	340 (35)	30	-	-	-
		полутвердая	5,0-12,0	-	390 (40)	12	-	-	-
		твердая	5,0-12,0	-	440-640 (45-65)	8	-	-	-

Окончание таблицы 15.2.2

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Состояние поставки	Толщина или диаметр, мм	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
				$\sigma_т$, Н/мм^2	$\sigma_в$, Н/мм^2	δ_5 (δ_{10}) %	ψ, %	KCU, кгс м/см^2	
				не менее					
Прутки прямоугольного сечения прессованные толщина от 10 до 25 мм, тянутые толщиной от 3 до 10 мм	ГОСТ 6688-91	горячекатаные	10-25	-	370 (38)	21	-	-	-
		холоднокатаные (тянутые)	3-10	-	Не нормируются		-	-	-
Лента толщиной от 0,05 мм до 2 мм	ГОСТ 2208-91	мягкая	0,14-2,0	-	340-490 (35-50)	25	-	-	-
		твердая	0,1-2,0	-	400-640 (47-65)	5	-	-	-
		особотвердая	0,35-1,20	-	590 (60)	3	-	-	-
* Справочные данные									

Таблица 15.2.3 - Механические свойства в зависимости от температуры [47, 49]

Температура t, °С	$\sigma_т$, кгс/мм^2	$\sigma_в$ кгс/мм^2	δ, %	ψ, %	KCU, кгс м/см^2
20	-	38	22	28	-
100	-	36	20	27	-
200	-	30	16	23	-
300	-	20	9	18	-
400	-	10	10	20	-
Лист толщиной 10 мм					
17	-	45	32	35	4,8
- 196	-	59	37	38	4,7
- 253	-	68	34	35	4,0
Пруток Ø 50 мм					
20	15	41	41	44	5,0
- 80	18	46	40	57	6,0
- 180	20	55	48	48	5,0

Таблиц 15.2.4 – Дополнительные данные

Предел длительной прочности при 200°С, $\sigma_{д\,п\ 10\,000}$, кгс/мм^2 [52]	4,8
Предел выносливости σ_{-1} при 50 10^6 циклов, МПа, (латунь твердая)	159
Коэффициент трения без смазки (латунь мягкая) [2]	0,17

Таблица 15.2.5 – Физические свойства [49]

Температура t, °С	Коэффициент линейного расширения $\alpha\ 10^6$, мм/мм град	Температура t, °С	Модуль нормальной упругости $E\ 10^5$, МПа	Плотность, г/см^3
20	20,90	20	1,05	8,5
0	20,80	50	1,04	
- 40	20,55	100	1,02	
- 60	20,40	150	1,00	
- 100	18,40	200	0,98	
- 180	15,20	250	0,97	
- 196	14,00	-	-	

Таблица 15.2.6 – Технологические свойства

Температурный интервал ковки, °С	750-650
Температура плавления $t_{пл}$, °С	900
Обрабатываемость давлением	Удовлетворительно обрабатывается давлением в холодном состоянии
Свариваемость	Для сварки не рекомендуется
Обрабатываемость резанием	Хорошая

15.3 Латунь марки ЛЖМц 59-1-1

Таблица 15.3.1 - Химический состав (по ГОСТ 15527-70)

В процентах

Cu	Fe	Mn	Al	Sn	Zn	Pb	Sb	Bi	P
						не более			
57,0-60,0	0,6-1,2	0,5-0,8	0,1-0,4	0,3-0,7	Ост	0,2	0,01	0,003	0,1

Таблица 15.3.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Состояние поставки	Толщина или диаметр, мм	Механические свойства при 20 °С					Твердость, НВ
				$\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	δ_5 (δ_{10}), %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 кгс м/см^2)	
				не менее					
Трубы прессованные Ø от 21 до 195 мм	ГОСТ 494-90	прессованные	Все размеры	-	430 (44)	(28)	-	-	-
Прутки тянутые Ø от 3 до 50 мм, прессованные от 10 до 160 мм	ГОСТ 2060-90	прессованные	10-160	-	430 (44)	(28)	-	-	-
		тянутые полутвердые	3-12	-	490 (50)	15	-	-	130*
			13-50	-	440 (45)	17	-	-	130*
* Справочные данные									

Таблица 15.3.3 - Механические свойства в зависимости от температуры [47, 49]

Температура t, °С	$\sigma_т$, кгс/мм^2	$\sigma_в$ кгс/мм^2	δ, %	ψ, %	KCU, кгс м/см^2
20	-	40	52	68	-
100	-	40	52	67	-
200	-	36	51	56	-
300	-	25	49	53	-
400	-	14	39	46	-
Плиты горячекатаные толщиной 20 мм					
20	17	44	34	41	12
- 183	25	57	36	40	10
- 196	26	59	36	39	10
- 253	32	71	38	39	-
Пруток горячекатаный Ø 14 мм					
20	33	54	32	53	7
- 183	44	69	36	45	7
- 196	44	70	36	45	6

Таблица 15.3.4 – Дополнительные данные [2]

Предел выносливости σ_{-1} при 100 10^6 циклов, МПа	125
Коэффициент трения (латунь мягкая) без смазки	0,39

Таблица 15.3.5 – Физические свойства

Температура t, °С	Коэффициент линейного расширения α 10^6, мм/мм град	Температура t, °С	Модуль нормальной упругости Е 10^5, МПа	Плотность, г/см^3
20-300	22,3	20	1 06	8,5
20	20,7	50	1,05	

Окончание таблицы 15.3.5

Температура t, °С	Коэффициент линейного расширения $\alpha 10^{-6}$ мм/мм·град	Температура t, °С	Модуль нормальной упругости $E 10^{-5}$ МПа	Плотность, г/см^3
0	20.6	100	1.03	8,5
40	20.4	150	1.01	
60	20.3	200	0.99	
100	18.1	250	0.97	
180	14.1		-	
196	13.0		—	

Таблица 15.3.6 – Технологические свойства

Температурный интервал ковки, °С	750-550
Температура плавления $t_{пл}$, °С	890
Обрабатываемость давлением	Удовлетворительно обрабатывается давлением в холодном состоянии
Свариваемость	Применима для сварных узлов
Обрабатываемость резанием	Хорошая

15.4 Бронза безоловянная марки БрАМц 9-2

Таблица 15.4.1 - Химический состав (по ГОСТ 18175-78)

В процентах

Al	Mn	Cu	Sn	Si	Pb	P	Fe	Zn	Всего
			не более						
8,0-10,0	1,5-2,5	Остальное	0,1	0,1	0,03	0,01	0,5	1,0	1,5

Таблица 15.4.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Состояние поставки		Толщина или диаметр, мм	Механические свойства при 20 °С			
					$\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	δ, %	Твердость, НВ
					не менее			
Прутки тянутые: круглые Ø от 5 до 40 мм, квадратные и шестигранные Ø от 5 до 41 мм.	ГОСТ 1628-78	Тянутые (полутвердые)		5-12	-	540 (55)	12	115
				13-40	-	540 (55)	15	
Прессованные круглые Ø от 16 до 160 мм (повышенной точности Ø от 25 до 120 мм)		Прессованные		25-45	-	490 (50)	20	95
				48-120	-	470 (48)	20	90
Полосы горячекатаные от 6 до 22 мм, холоднокатаные от 1,0 до 12,5 мм Ленты от 0,4 до 1,0 мм	ГОСТ 1595-90	Горячекатаные		Все толщины	-	440 (45)	15	-
		Холоднокатаные	мягкие		-	440 (45)	18	-
			твердые		-	590 (60)	5	-

Таблица 15.4.3 - Механические свойства при высоких температурах [47]

Температура t, °С	$\sigma_т$, кгс/мм^2	$\sigma_в$ кгс/мм^2	δ, %	ψ, %	KCU, кгс·м/см^2	Твердость, НВ
20	17-31	50-60	25-39	44	8,0	120
200	29,8	45-60	20-28	47	8,0	90-100
300	28,9	45-60	20-33	50	7,5	90
400	21,7	35-45	38	60	6,4	84

Таблица 15.4.4 - Механические свойства при отрицательных температурах [2]

Температура t, °С	$\sigma_в$, МПа	δ, %	ψ, %	$\sigma_т$, МПа	KCU, кДж/м^2
Пруток прессованный, отожженный					
20	529	51	-	147	129
- 20	539	45	-	196	
- 40	549	48	-	196	

Таблица 15.4.5 – Дополнительные данные [2]

Предел выносливости σ_{-1} при 10^6 циклов, МПа, (бронза твердая)		206
Коэффициент трения (бронза мягкая)	со смазкой	0,006
	без смазки	0.180

Таблица 15.4.6 – Физические свойства

Температура t, °С	Коэффициент линейного расширения $\alpha 10^6$ мм/мм град	Температура t, °С	Модуль нормальной упругости Е кгс/мм^2	Плотность г/см^3
20	17	20	9200	7 6
25-100	17 3		-	
100 200	17 6		-	
200 300	20 5	-	-	

Таблица 15.4.7 – Технологические свойства [48]

Температура плавления $t_{пл}$, °С	1060
Температурный интервал ковки (штамповки) °С	600 840
Обрабатываемость давлением	Хорошая
Свариваемость	Сварка допустима Для сварных конструкции арматуры не рекомендуется
Паяемость	Применяется пойка твердым припоем
Обрабатываемость резанием	Хорошая
Притираемость	Удовлетворительная
Полируемость	Хорошая

15.5 Бронза безоловянная марки БрАЖМц 10-3-1,5

Таблица 15.5.1 - Химический состав (по ГОСТ 18175-78)

В процентах

Al	Fe	Mn	Cu	Sn	Si	Pb	P	Zn	Всего
				не более					
9,0-11,0	2,0-4,0	1,0-2,0	Остальное	0,1	0,1	0,003	0,01	0,5	0,7

Таблица 15.5.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Состояние поставки	Толщина или диаметр, мм	Механические свойства при 20 °С			
				$\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	δ, %	Твердость, НВ
				не менее			
Прутки прессованные круглые Ø от 16 до 160 мм	ГОСТ 1628-78	Прессованные	16-160	(19*)	590 (60)	12	130-200
				По требованию потребителя			
				-	540 (55)		130-170
Трубы прессованные Ø от 42 до 280 мм	ГОСТ 1208-90	Прессованные	42-80 включ.	-	590 (60)	12	129-200
			85-280	-	540 (55)		
Поковки	ОСТ 5.9046-71 (МСИ)	-	-	186 (19)	540 (55)	12	130
		Закалка +отпуск	-	216 (22)	638 (65)	10	160-230
* Справочные данные							

Таблица 15.5.3 – Рекомендуемые режимы термообработки и механические свойства заготовок для деталей арматуры согласно СТ ЦКБА 027-2005

Режим термообработки			$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	δ_{10}, %	ψ, %	KCU, кДж/м^2, (кгс м/см^2)	Твердость, НВ
Закалка 840-860 °С, охлаждение в десяти-процентном растворе поваренной соли	Отпуск	560-580 °С	294 (30)	637 (65)	15	25	392 (4)	170-200
		530-550 °С	-	-	10	-	294 (3)	-
-	Отжиг 650-750 °С		-	490 (50)	20	-	-	более 120

Таблица 15.5.4 - Влияние термической обработки на ударную вязкость при низких температурах (пруток прессованный Ø 40 мм) [50]

Состояние материала	KCU, кгс м/см^2, при температуре t, °С		
	20	- 196	- 273
В поставке	6,13-6,75	5,1-5,2	4,1-4,5
Закалка 840-860 °С, отпуск 560-580 °С,	9,00	7,6-8,1	5,9-6,0

Таблица 15.5.5 - Механические свойства в зависимости от температуры [48, 49]

Температура t, °С	$\sigma_т$, кгс/мм^2	$\sigma_в$ кгс/мм^2	δ, %	ψ, %	KCU, кгс м/см^2
Пруток прессованный					
20	20,4	59,1	28,1	31,2	10,8
- 183	28,8	72,6	24,0	25,5	9,1
- 196	30,4	74,4	26,6	32,7	8,8
20	22,0	66,0	32,0	34,0	9,8
200	21,0	55,0	33,0	31,0	9,3
300	19,0	49,0	38,0	35,0	3,9
400	18,0	38,0	30,0	35,0	7,8

Таблица 15.5.6 – Дополнительные данные[2]

Предел выносливости σ_{-1} при 15 10^6 циклов, МПа, (бронза твердая)		275
Коэффициент трения	со смазкой (литая)	0,012
	без смазки (мягкая)	0,210

Таблица 15.5.7 – Физические свойства [49]

Температура t, °С	Коэффициент линейного расширения α 10^6, мм/мм град	Температура t, °С	Модуль нормальной упругости Е, кгс/мм^2	Плотность, г/см^3
25-100	16,9	15	10 400	7,53
100-200	17,9	- 40	10 600	
200-300	20,2	- 80	11 500	
20	17,0	- 180	11 500	
0	16,5	-	-	
- 40	15,4	-	-	
- 60	15,1	-	-	
- 100	14,5	-	-	
- 180	13,0	-	-	
- 196	12,0	-	-	

Таблица 15.5.7 – Технологические свойства [47, 48]

Температура плавления $t_{пл}$, °С	1045
Температурный интервал ковки (штамповки), °С	840-600
Температурный интервал прессования, °С	825-775
Обрабатываемость давлением	Удовлетворительная
Упрочняющая термообработка	Применение упрочняющей термообработки заготовок размером сечения более 100 мм не рекомендуется
Свариваемость	Для сварных конструкций арматуры не рекомендуется
Паяемость	Паяется плохо
Обрабатываемость резанием	Удовлетворительная
Притираемость	Хорошая
Полируемость	Хорошая

15.6 Бронза безоловянная марки БрАЖН 10-4-4

Таблица 15.6.1 - Химический состав (по ГОСТ 18175-78)

В процентах

Al	Fe	Ni	Cu	Mn	Sn	Si	Pb	Zn	P	Всего
				не более						
9,5-11,0	3,5-5,5	3,5-5,5	Остальное	0,5	0,1	0,1	0,03	0,3	0,01	1,1

Таблица 15.6.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Состояние поставки	Толщина или диаметр, мм	Механические свойства при 20 °С				
				$\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	δ, %	KCU, кгс м/мм^2	Твердость, НВ
				не менее				
Прутки прессованные Ø от 20 до 160 мм (в том числе повышенной точности)	ГОСТ 1628-78	Прессованные	20-160	(30*)	640 (65)	5	3*	170-220
Трубы прессованные Ø от 42 до 280 мм	ГОСТ 1208-90	Прессованные	42-280	-	640 (65)	5	-	170-220
* Справочные данные								

Таблица 15.6.3 – Рекомендуемые режимы термообработки и механические свойства заготовок для деталей арматуры согласно СТ ЦКБА 027-2005

Режим термообработки		$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	δ_{10}, %	ψ, %	KCU, кДж/м^2, (кгс м/см^2)	НВ, кгс/мм^2
		не менее					
Закалка 890-910 °С, вода	Отпуск 640-660 °С	294 (30)	637 (65)	5	-	-	200-240
-	Отжиг 700-750 °С	-	539 (55)	30	40	588 (6)	-

Таблица 15.6.4 Механические свойства в зависимости от температуры [49, 50]

Температура t, °С	$\sigma_в$, кгс/мм^2	$\sigma_т$, кгс/мм^2	δ, %	Твердость, НВ	KCU, кгс м/см^2
Пруток прессованный					
20	31,0	71,0	18,0	160	2,90
200	30,0	61,0	12,0	-	-
300	29,0	58,0	10,0	-	4,90
400	28,0	48,0	8,0	-	2,40
20	34,3	71,9	8,2	-	2,80
- 183	43,3	79,9	4,0	-	1,54
- 196	42,6	78,7	3,4	-	1,70

Таблица 15.6.5 – Дополнительные данные

Предел усталости σ_{-1} при 50·10^6 циклов, МПа	345

Таблица 15.6.6 – Физические свойства [47]

Температура t, °С	Коэффициент линейного расширения $\alpha 10^6$ мм/мм град	Температура t, °С	Модуль нормальной упругости Е кгс/мм^2		Плотность, г/см^3
			литая	твердая	
20 100	19 10	20	11 500	13 000	7 5
100 200	16 60				
200 300	18 30		-		
400	20 80	-		-	
20	17 00	-	-	-	
0	16 50				
40	15 40	-	-		
60	14 90				
100	14 15	-	-	-	
180	12 40	-	-		
196	11 50	-	-		

Таблица 15.6.7 – Технологические свойства

Температура плавления $t_{пл}$, °С	1084
Температурный интервал ковки (штамповки) °С	900 850
Обрабатываемость давлением	*Удовлетворительная*
Свариваемость и паяемость	Сварка и пайка припоями возможна, однако для сварных конструкций не рекомендуется
Обрабатываемость резанием	Удовлетворительная

15.7 Бронза кремнистая марки БрКМц 3-1

Таблица 15 7 1 - *Химический состав (по ГОСТ 18175-78)*

В процентах

Mn	Si	Cu	Sn	Ni	Pb	Fe	Zn	Всего
			не более					
1,0-1,5	2,7-3,5	Остальное	0,25	0,2	0,03	0,3	0,5	1,0

Таблица 15 7 2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Состояние поставки	Толщина или диаметр, мм	Механические свойства при 20 °С			
				$\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	δ, %	Твердость, НВ
				не менее			
Прутки тянутые круглые Ø от 5 до 40 мм, квадратные и шестигранные Ø от 5 до 41 мм, прессованные Ø от 30 до 120 мм, катаные Ø от 5 до 40 мм	ГОСТ 1628-78	тянутые (твердые)	5-12	-	490 (50)	10	150
			13-41	(37*)	490 (50)	15	
		катаные	30-100	-	390 (40)	15	-
		прессованные	30-120	-	340 (35)	20	65
		По требованию потребителя					
		тянутые (твердые)	5-12	-	540 (55)	-	-
Полосы толщиной от 1 до 10 мм, ленты толщиной от 0,05 до 2 мм	ГОСТ 4748-92	мягкое	0,10-0,15 включ.	-	350 (36)	-	-
			св 0,15-0,45 включ.	-	350 (36)	δ_{10} 28	-
			от 0,50 и более	-	350 (36)	35	75-135
		полутвердое	0,10-0,15 включ.	270-500 (28-51)	470-590 (48-60)	-	-
			св 0,15-0,45 включ.			5	-
			от 0,50 и более			10	135-195
		твердое	0,10-0,15 включ.	500-740 951-750	590-760 (60-77)	-	-
			св 0,15-0,45 включ.			2	-
			от 0,50 и более			5	183-235
		особо твердое	0,10 и более	-	760 (77)	-	св 230
Проволока Ø от 0,1 до 2,8 мм, Ø от 0,6 до 1,4 мм	ГОСТ 5222-72	-	0,10-1,0	-	880 (90)	-	-
			1,1-2,6	-	880 (90)	0,5	-
			2,8-4,2	-	830 (85)	1,0	-
			4,5-8,0	-	810 (83)	1,5	-
			8,5-10,0	-	760 (78)	2,0	-
* Справочные данные							

Таблица 15 7 3 - Механические свойства в зависимости от температуры [47, 49]

Температура t, °С	$\sigma_т$, кгс/мм^2	$\sigma_в$, кгс/мм^2	δ, %	ψ, %	Твердость, НВ
20	37,0	49,0	41,0	75,0	-
150	40,0	50,0	40,0	76,0	-
200	35,0	46,0	40,0	75,0	-
350	38,0	41,0	12,0	36,0	-
450	28,0	29,0	9,0	32,0	-
20	-	-	-	-	85-90
100	-	-	-	-	72,0
200	-	-	-	-	72,0
300	-	-	-	-	65,0
500	-	-	-	-	50,0
20	23,5*	47,4	49,0	45,2	-
- 183	27,9*	61,9	51,3	41,3	-
* Значение $\sigma_{0,2}$					

Таблица 1574 – Ударная вязкость KCV, кгс м/см^2, при низких температурах, испытания на образцах Шарпи [49]

Температура t, °С					
20	- 17	- 73	- 80	- 115	- 130
8,9	10-11	9,6	9,5	8,9	8,8

Таблица 1575 – Дополнительные данные [2]

Предел выносливости σ_{-1} при 10^8 циклов, МПа	мягкая	98
	твердая	206

Таблица 1576 – Физические свойства [47, 49]

Температура t, °С	Коэффициент линейного расширения $\alpha\ 10^6$, мм/мм.град	Температура t, °С	Модуль нормальной упругости E, кгс/мм^2	Плотность, г/см^3
20-100	17,4	20	11 740	8,47
100-200	17 9	- 78	11 740	
20-300	18,0	- 196	14 765	
50	18,8	- 253	13 360	
20	18,5	-	-	
- 40	17,8	-	-	
- 60	16,6	-	-	
- 100	14,1	-	-	
- 180	11,7	-	-	
- 196	11,2	-	-	

Таблица 1577 – Технологические свойства

Температура плавления $t_{пл}$, °С	1025-1060
Температурный интервал ковки (штамповки) °С	600-750
Обрабатываемость давлением	Удовлетворительная
Свариваемость	Хорошая. Хорошо сваривается электро- и газовой сваркой
Паяемость	Возможна пайка твердыми припоями. Хорошо паяется мягкими и твердыми припоями
Обрабатываемость резанием	Хорошая
Притираемость	Хорошая
Полируемость	Хорошая

15.8 Бронза бериллиевая марки Бр Б2

Таблица 15 8 1 - Химический состав (по ГОСТ 18175-78)

В процентах

Be	Ni	Cu	Fe	Al	Si	Pb	Всего
			не более				
1,8-2,1	0,2-0,5	Остальное	0,15	0,15	0,15	0,005	0,5

Таблица 15 8.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер Заготовок	НД на поставку	Состояние поставки	Толщина или диаметр мм	Механические свойства при 20 °С			
				$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	δ_{10}, % (δ_5)	Hv, МПа (кгс/мм^2)
				не менее			
Проволока Ø от 0,06 до 12 мм	ГОСТ 15834-77	мягкая (закалка)	0,06-0,08	-	345-686 (35-70)	15-45	980 (100)
			0,1-1,0	-	392-637 (40-65)	20-45	
			1,0-5,0	-	392-637 (40-65)	25-60	
		твердая (закалка + холодная деформация)	0,06-0,08	-	931-1372 (95-140)	-	1764 (180)
			0,1-0,5	-	931-1372 (95-140)	-	
			0,55-1,0	-	833-1274 (85-130)	-	
			1,0-5,0	-	735-1176 (75-120)	-	
			5,5-12,0	-	735-1078 (75-110)	-	
		На образцах (после дисперсионного твердения из мягкого и твердого состояния)					
		мягкая	0,06-0,9	-	1078-1470 (110-150)	-	3163 (320)
			1,0-12,0	-	1078-1568 (110-160)	-	
		твердая	0,06-12,0	-	1176 (120)	1	3528 (360)
Полосы и ленты толщиной от 0,02 до 6,0 мм	ГОСТ 1789-70	мягкая (закалка)	менее 0,15	(20-35*)	-	-	не более 130
			0,15-0,25		390-590 (40-60)	20	
			более 0,25		390-590 (40-60)	30	
		твердая (закалка + деформация 30-40%)	менее 0,15	(60-95*)	-	-	170
			0,15-0,25		590-880 (60-90)	-	
			более 0,25		640-934 (65-95)	2,5	
		закалка + старение	менее 0,15	(95-135*)	-	-	330
			0,15-0,25		1080-1470 (110-150)	-	
			более 0,25		1130-1470 (115-150)	2	
		деформация + старение	менее 0,15	(115-160*)	-	-	360
			0,15-0,25		130-1470 (115-160)	-	
			более 0,25		1180-1568 (120-160)	1,5	
Прутки тянутые круглые, квадратные, шестигранные Ø от 5 до 40 мм, прессованные круглые Ø от 42 до 100 мм	ГОСТ 15835-70	мягкая (закалка)	5-40	-	390-590 (40-60)	(25)	НВ 100-150
		твердая	5-15	-	740-980 (75-100)	1	НВ 150
			16-40	-	640-880 (65-90)	1	НВ 150
		прессованная	42-100	-	440 (45)	20	-
		На образцах (тянутые прутки)					
		закалка + старение	-	-	1080 (110)	2	320
		твердая + старение	-	-	1180 (120)	2	340
* Справочные данные							

Таблица 1583 – Рекомендуемые режимы термообработки и механические свойства заготовок для деталей арматуры согласно СТ ЦКБА 027-2005

Режим термообработки			$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	δ_{10}, %	ψ, %	KCU, кДж/м^2, (кгс·м/см^2)	Твердость, НВ, кгс/мм^2
			не менее					
Закалка 760-780 °С, вода	Отпуск	-	245 (25)	392 (40)	30	-	490 (5)	105-125
		310-330 °С	1176 (120)	1274 (130)	1	-	80 (0,8)	340-370
	Отжиг 650-750 °С		245 (25)	441 (45)	30	-	-	90-110

Таблица 1584 - Механические свойства в зависимости от температуры [49, 51]

Температура t, °С	$\sigma_т$ кгс/мм^2	$\sigma_в$ кгс/мм^2	δ, %	ψ, %	KCU, кгс м/см^2
Пруток Ø 14 мм (закалка с 815 °С)					
40	25	52	52	74	14
- 20	25	52	55	74	14
- 75	25	52	55	74	13
- 130	30	58	52	73	11
- 185	38	68	50	68	10
Пруток Ø 14 мм (закалка с 815 °С + старение 315 °С, 2 ч)					
40	115	136	4,0	12,5	0,70
- 20	118	136	4,5	12,5	0,70
- 75	130	137	4,5	14,0	0,70
- 130	135	145	4,0	14,0	0,75
- 185	138	152	5,0	10,0	1,20
Пруток отожженный (мягкий)					
20	-	64	29 0	42,0	-
100	-	64	30,0	42,0	-
200	-	61	28,0	37,0	-
300	-	56	21,0	28,0	-
400	-	53	20,0	28,0	-
500	-	40	38,0	52,0	-

Таблица 1585 – Дополнительные данные [2]

Предел выносливости σ_{-1} при 10^6 циклов, МПа	206

Таблица 1586 – Физические свойства

Температура t, °С	Коэффициент линейного расширения $\alpha\ 10^6$, мм/мм град	Температура t, °С	Модуль нормальной упругости E, кгс/мм^2	Плотность, г/см^3
20	16,75	20	12 300	8,25
0	16,65	- 78	12 512	
- 40	16,30	- 196	13 218	
- 60	16,00	- 253	13 711	
- 100	13 50	-	-	
- 180	10,70	-	-	
- 203	9,70	-	-	
20-100	16,60	-	-	
100-200	17.20	-	-	
200-300	19,00	-	-	

Таблица 15 8 7 – Технологические свойства

Температура плавления $t_{пл}$, °С	955
Температура горячей деформации, °С	800-780
	Сплав куется и штампуется
Обрабатываемость давлением	Удовлетворительная
Свариваемость	Хорошая
Паяемость	Хорошая
Обрабатываемость резанием	Удовлетворительная

15.9 Бронза оловянная марки БрОЦ 4-3

Таблица 15 9 1 - Химический состав (по ГОСТ 1574-91)

В процентах

Sn	Zn	Cu	Fe	Pb	Sb	Bi	Al	S	P	Всего
			не более							
3,5-4,0	2,7-3,3	Остальное	0,05	0,02	0,002	0,002	0,002	0 002	0,03	0,2

Таблица 15 9.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Состояние поставки	Толщина или диаметр, мм	Механические свойства при 20 °С			
				$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	δ_{10}, % (δ_5)	Hv (HB), МПа (кгс/мм^2)
				не менее			
Полоса толщиной от 1 до 10 мм Лента толщиной от 0,1 до 2 мм	ГОСТ 1761-92	мягкое	менее 0,5	110 (11)	290 (30)	35	588 (60)
			0,5 и более			38	
		полутвердое	менее 0,5	290-510 (30-52)	350-540 (36-55)	4	822-1666 (90-170)
			0,5 и более			8	
		твердое	менее 0,5	510-670 (52-68)	540-690 (55-70)	2	1666-2058 (170-210)
			0,5 и более			4	
		особо твердое	менее 0,5	670 (68)	690 (70)	-	свыше 2058 (210)
			0,5 и более				
Прутки тянутые круглые, Ø от 5 до 40 мм квадратные и шестигранные Ø от 5 до 36 мм, прессованные круглые Ø от 42 до 120 мм	ГОСТ 6511-60	тянутые	5-12	-	430 (44)	10 (12)	-
			13-25	-	370 (38)	12 (18)	-
			26-35	-	330 (34)	14 (20)	-
			36-40	-	310 (32)	16 (20)	-
		прессованные	42-120	(10,8*)	270 (28)	25 (35)	KCU (24*)
Проволока Ø от 0,1 до 1,2 мм, Ø от 0,6 до 3,0 мм	ГОСТ 5221-77	-	Круглая 0 1-2,5	-	882,9 (90)	0,5	-
			2,5-4,0	-	833,8 (85)	1	-
			4 0-8,0	-	814,2 (83)	1	-
			8,0-12,0	-	765,2 (78)	2	-
			Квадратная 0,6-1,2	-	833,8 (85)	-	-
			1 2-2	-	784,8 (80)	-	-
			2,0-3,0	-	765,2 (78)	1	-

* Справочные данные

Таблица 15 9 3 - Механические свойства в зависимости от температуры [47]

Температура t, °С	$\sigma_т$, кгс/мм^2	$\sigma_в$ кгс/мм^2	δ, %	ψ, %	KCU, кгс м/см^2	Твердость, НВ
Литье в кокиль						
50	19	34	59	60	3,9	-
20	15	29	57	63	14,0	67
200	16	31	52	54	12,0	-

15 10 Бронза оловянная марки БрОФ 6,5-0,15

Таблица 15 10 1 - Химический состав (по ГОСТ 5017-74)

В процентах

Sn	P	Cu	Mg	Fe	S	Pb	Bi	Al	Si	Sb	Zn	Ni
			не более									
6,0-7,0	0,1-0,25	Остальное	0,002	0,02	0,002	0,02	0,002	0,002	0,002	0,002	0,3	0,2

Таблица 15 10 2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Состояние поставки	Толщина или диаметр, мм	Механические свойства при 20 °С			
				$\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_в$, МПа [Па] (кгс/мм^2)	δ_{10}, %	Hv (НВ), МПа (кгс/мм^2)
				не менее			
Полоса толщиной от 1 до 10 мм, Лента толщиной от 0,1 до 2 мм	ГОСТ 1761-92	мягкое	менее 0,5	130 (13)	290 (30)	35	637 (65)
			0,5 и более			38	
		полутвердое	менее 0,5	370-540 (38-55)	440-570 (45-58)	8	1078-1666 (110-170)
			0,5 и более			10	
		твердое	менее 0,5	540-710 (55-72)	570-740 (58-76)	5	1666-2156 (170-220)
			0,5 и более			5	
		особо твердое	менее 0,5	710 (72)	740 (76)	-	свыше 2156 (220)
			0,5 и более				
Прутки тянутые Ø от 5 до 20 мм, прессованные Ø от 100 до 110 мм	ГОСТ 10025-78	Тянутые мягкий	5-20	-	[352,8 10^7] (36)	40	- (70 НВ)
		полутвердый		-	[392 10^7] (40)	18	(120 НВ)
		твердый		-	[470,4 10^7] (48)	12	(140 НВ)
		особо твердый		-	[548,8 10^7] (56)	6	(150 НВ)
		прессованные	100-110	-	[343 10^7] (35)	55	(70 НВ)

Таблица 15 10 3 - Механические свойства при повышенных температурах [47]

Температура t, °С	$\sigma_в$, кгс/мм^2		$\sigma_т$, кгс/мм^2	δ, %	
	твердая	мягкая	твердая	твердая	мягкая
100	-	42-47	-	-	48-62
150	73	-	55	13	-
200	68	43-53	57	17	38-67
300	67	52-55	50	18	23-39
400	50	-	32	48	-
500	-	19-21	-	-	8-14

Таблица 15 10 4 - Механические свойства при низких температурах [49]

Температура t, °С	$\sigma_в$ кгс/мм^2	δ, %	ψ, %
17	63	12	61
- 196	84	29	54
- 253	95	29	51

Таблица 1594 – Физические свойства

Температура t, °С	Коэффициент линейного расширения $\alpha 10^6$, мм/мм град	Температура t, °С	Модуль нормальной упругости Е, МПа (кгс/мм^2)		Плотность, г/см^3
20	18,1	20	мягкое	93100-122500 (9500-12500)	8,8
			полутвердое	93100-122500 (9350-12500)	
			твердое	93100-122500 (9350-12500)	
			особо твердое	93100-122500 (9350-12500)	

Таблица 1595 – Технологические свойства [47]

Температура плавления $t_{пл}$, °С	1045
Температурный интервал ковки (штамповки), °С	730-650
Свариваемость	Хорошо сваривается электро- и газовой сваркой
Паяемость	Хорошо паяется мягкими и твердыми припоями
Обрабатываемость резанием	Удовлетворительная
Притираемость	Хорошая
Полируемость	Удовлетворительная

Таблица 15 10 5 – Физические свойства [47]

Температура t, °С	Коэффициент линейного расширения α 10^6, мм/мм град	Температура t, °С	Модуль нормальной упругости Е, кгс/мм^2		Плотность, г/см^3
25-100	16 90	20	твердая	9 400- 9 800	8 65
100-200	17,90		мягкая	10 600	
200-300	20,80	-	-	-	
16,9	16,90	-	-	-	
- 43,1	15,91	-	-	-	
- 63,1	15,50	-	-	-	
- 103 1	14,53	-	-	-	
- 183,1	10,03	-	-	-	

Таблица 15 10 6 – Технологические свойства

Температура плавления $t_{пл}$, °С	1050
Применяемые	Прокатка, прессовка, волочение
Температурный интервал прокатки, °С	770-750
Температурный интервал ковки °С	770-600
Свариваемость	Сварка возможна
Паяемость	Хорошая
Обрабатываемость резанием	Удовлетворительная
Притираемость	Удовлетворительная
Полируемость	Удовлетворительная

Таблица 15 10 7 – Механические свойства и технологические характеристики оловянных бронз, обрабатываемых давлением [2]

Бронза	$\sigma_в$	$\sigma_т$	δ %	σ_{-1}, МПа	a, кДж/м^2	ψ %	НВ, МПа	Коэффициент трения		Температура, °С				Обрабатываемость резанием %
	МПа							со смазкой	без смазки	горячей обработки	отжига	начала рекристаллизации	низкотемпературного отжига	
БрОФ6 5-0 15 БрОФ6 5-0 4 литая	245 345	140	15 30	При $10\,10^6$ циклов 265 335	490 590		-	-	-	-	-	-	-	-
мягкая	295-440	195-245	60-70	-		80	685-820	0,01	0 12	700-800	600-650	350-370	260	20
твердая	685-785	580 640	7-12		-	61	1570 2160	-	-	-	-		-	-

16 Сплавы на основе меди для отливок

16.1 Латунь свинцовая марки ЛЦ40С (ЛС59-1Л)*, ЛЦ40Сд (ЛС59-1ЛД)*

Таблица 16.1.1 - Химический состав (по ГОСТ 17711-93)

В процентах

Марка сплава	Cu	Pb	Zn	Mn	Sn	Si	Sb	Fe	Al	Ni	Всего примесей
				не более							
ЛЦ40С	57,0-61,0	0,8-0,2	Остальное	0,5	0,5	0,3	0,05	0,8	0,5	1,0	2,0
ЛЦ40Сд	58,0-61,0	0,8-0,2	Остальное	0,2	0,3	0,2	0 05	0,5	0,2	1,0	1;5

Таблица 16.1.2 - НД, механические свойства в поставке

НД на поставку	Марка сплава	Способ литья*	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	δ, %	Твердость, НВ
			не менее		
ГОСТ 17711-93, ОСТ 24 207 01-90	ЛЦ 40С	П	215 (22)	12	70
		К, Ц	215 (22)	20	80
	ЛЦ 40Сд	Д	196 (20)	6	70
		К	264 (27)	18	100

* П – литье в песчаные формы,
К – литье в кокиль,
Д – литье под давлением,
Ц – центробежное литье

Таблица 16.1.3 - Механические свойства в зависимости от температуры [47, 49]

Температура t, °С	$\sigma_в$ кгс/мм^2	$\sigma_т$ кгс/мм^2	δ, %	ψ, %	KCU, кгс м/см^2	Твердость, НВ
Литье в кокиль						
- 50	38,0	17	39,0	37,0	4,90	-
20	35,0	14	40,0	41,0	4,80	79
200	27,0	14	46,0	49,0	3,90	-
Литье						
20	36,7	-	22,3	19,9	5,23	-
- 183	50,8	-	26,9	19,2	5,18	-

Таблица 16.1.4 – Дополнительные данные для латуни ЛЦ 40С [2]

Коэффициент линейного расширения α 10^6, °С$^{-1}$		10,1
Предел выносливости σ_{-1} при 5 10^6 циклов, МПа		185
Коэффициент трения в паре со сталью	со смазкой	0,013
	без смазки	0,170
* Физические свойства допускается принимать по аналогии с латунью ЛС 59-1		

Таблица 16.1.5 – Технологические свойства [47]

Температура плавления $t_{ил}$, °С	826-885
Температура заливки $t_{зал}$, °С	1020-1060
Жидкотекучесть, см	51
Линейная усадка (литье в кокиль)	2 2
Обрабатываемость резанием	Отличная
Свариваемость, паяемость	Возможна сварка и пайка Для сварных конструкций арматуры не применяется
Притираемость	Удовлетворительная
Полируемость	Хорошая

16.2 Латунь кремнистая марки ЛЦ16К4 (ЛК80-3Л)

Таблица 16 2 1 - Химический состав (по ГОСТ 17711-93)

В процентах

Cu	Si	Pb	Sn	Sb	Mn	Fe	Al	P	Ni	Всего примесей
		не более								
78,0-81,0	3,0-4,5	0,5	0,3	0,1	0,8	0,6	0,4	0,1	0,2	2,5

Таблица 16 2 2 - НД, механические свойства в поставке

НД на поставку	Способ литья*	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	δ, %	Твердость, НВ
		не менее		
ГОСТ 17711-93,	П	294 (30)	15	100
ОСТ 24 207 01-90	К	343 (35)	15	110
* П – литье в песчаные формы, К – литье в кокиль				

Таблица 16 2 3 - Механические свойства в зависимости от температуры [47]

Температура t, °С	$\sigma_в$ кгс/мм^2	$\sigma_т$, кгс/мм^2	δ, %	ψ, %	KCU, кгс м/см^2	Твердость, НВ
Литье в землю						
20	25-60	24,0	10-40	11,0	-	100
200	43,0	22,0	23,0	9,0	-	-
300	44,0	-	17,0	6,0	-	-
Литье в кокиль						
20	43,0	15,0	47,0	44,0	13,5	84
200	41,0	15,0	46,0	40,0	11,8	-
300	43,0	17,0	29,0	34,0	9,4	-
400	28,0	17,0	21,0	20,0	6,9	-
Литье в землю						
20	40,0	18,4*	21,9	24,0	6,4	-
- 78	41,6	23,0*	16,5	23,1	5,3	-
- 183	45,7	25,0*	13,6	19,6	5,0	
- 196	46,4	26,5*	13,4	18,9	4,8	-
* Значение $\sigma_{0,2}$						

Таблица 16 2 4 – Дополнительные данные [2]

Предел выносливости σ_1 при 20 10^6 циклов, МПа [52]		100
Предел длительной прочность $\sigma_{д\,п}$ за 10^4 ч при температуре 250 °С		11
Коэффициент трения в паре со сталью	со смазкой	0,01
	без смазки	0,19

Таблица 16 2 5 – Физические свойства [47, 49]

Температура t, °С	Коэффициент линейного расширения $\alpha 10^{-6}$, мм/мм град	Модуль нормальной упругости $E \cdot 10^{-5}$, МПа	Плотность, г/см^3
20-100	18,8-20,8	10300	8,3
20-200	18,9		
20-300	22,7 –23,4		
20	19,15		
- 40	18,8		
- 60	18,5		
- 100	15,60		
- 180	14,00		
- 196	13 80		

Таблица 16 2 6 – Технологические свойства

Температура плавления $t_{пл}$, °С		835-916
Температура заливки $t_{зал}$, °С	в землю	960-1020
	в кокиль	1000-1080
Линейная усадка, %		1,3-1,7
Объемная усадка, %		0,93
Жидкотекучесть при температуре 1050 °С, см		73
Обрабатываемость резанием		Удовлетворительная
Свариваемость, паяемость		Возможна сварка и пайка твердыми припоями Для сварных конструкций арматуры не применяется

16.3 Латунь марганцово-свинцовая марки ЛЦ38Мц2С2 (ЛМцС58-2-2)

Таблица 16 3 1 - Химический состав (по ГОСТ 17711-93)

В процентах

Cu	Mn	Pb	Si	Sb	Sn	Fe	Al	P	Ni	Всего примесей
			не более							
57,0-60,0	1,5-2,5	1,5-2,5	0,4	0,1	0,5	0,8	0,8	0,05	1,0	2,2

Таблица 16 3 2 - НД, механические свойства в поставке

НД на поставку	Способ литья*	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	δ, %	Твердость, НВ
		не менее		
ГОСТ 17711-93,	П	245 (25)	15	80
ОСТ 24 207 01-90	К	343 (35)	10	85
* П – литье в песчаные формы, К – литье в кокиль				

Таблица 16 3 3 - Механические свойства в зависимости от температуры (литье в кокиль) [47]

Температура t, °С	$\sigma_в$, кгс/мм^2	$\sigma_т$, кгс/мм^2	δ, %	ψ, %	KCU, кгс·м/см^2	Твердость, НВ
- 50	39	14	45	43	4,1	-
20	30-42	13-24	20-45	40	3,4	70-90
200	32-40	14	20-52	46	2,3	-
300	33	-	32	-	-	-
400	24	-	24	-	-	-

Таблица 16 3 4 – Дополнительные данные [2]

Коэффициент трения в паре со сталью	со смазкой	0,016
	без смазки	0,240
Коэффициент линейного расширения α 10^{-6}, °С$^{-1}$		20,6
Плотность, г/см^3		8,50

Таблица 16 3 5 – Технологические свойства [47]

Температура плавления $t_{пл.}$, °С	885
Температура заливки $t_{зал.}$, °С	940-1000
Линейная усадка, %	1,8
Жидкотекучесть, см	22
Обрабатываемость резанием	Хорошая
Свариваемость, паяемость	Возможна сварка и пайка. Для сварных конструкций арматуры не применяется
Притираемость	Удовлетворительная
Полируемость	Удовлетворительная

16 4 Бронза оловянно-цинково-свинцовая марки Бр03Ц12С5 (Бр0ЦС3-12-5)

Таблица 16 4 1 - Химический состав (по ГОСТ 613-79)

В процентах

Sn	Zn	Pb	Cu	Ni	Sb	Fe	Al	Si	P	Всего примесей
				не более						
2,0-3,5	8,0-15,0	3,0-6,0	Остальное	2,0	0,5	0,4	0,02	0,02	0,05	1,3

Таблица 16 4 2 - НД, механические свойства в поставке

НД на поставку	Способ литья*	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	δ_5, %	Твердость, НВ
		не менее		
ГОСТ 613-79,	К	206 (21)	5	588 (60)
ОСТ 24 207 01-90	П	176 (18)	8	588 (60)

* К – литье в кокиль,
П – литье в песчаную форму

Таблица 16 4 3 - Механические свойства в зависимости от температуры (литье в землю) [47]

Температура t, °С	$\sigma_в$, кгс/мм^2	$\sigma_т$, кгс/мм^2	δ, %	ψ, %	KCU, кгс м/см^2	Твердость, НВ
20	18	-	10,0-16,0	18	2,6	60
50	-	-	-	-	-	51-60
100	-	-	-	-	-	52-57
150	-	-	-	-	-	54-56
200	14-17	-	9,0-16,0	-	-	53-54
300	11-12	-	2,0-8,0	-	-	-
400	4-7	-	0,8-1,2	-	-	-
500	2-6	-	-	-	-	-

Таблица 16 4 4 – Физические свойства [2] и плотность

Модуль нормальной упругости Е, МПа	Плотность, г/см^3
83 300	8,7

Таблица 16 4 5 – Технологические свойства [47]

Температура плавления $t_{пл}$, °С	998
Температура заливки $t_{зал}$, °С	1160
Жидкотекучесть, см	60

16 5 Бронза оловянно-цинково-свинцовая марки Бр03Ц7С5Н1

Таблица 16 5 1 - Химический состав (по ГОСТ 613-79)

В процентах

Массовая доля основных компонентов					Массовая доля примесей, не более					
Sn	Zn	Pb	Ni	Cu	Al	Fe	Si	P	Sb	Всего
2,5-4,0	6,0-9,5	3,0-6,0	0,5-0,2	Остальное	0,02	0,4	0,02	0,05	0,5	1,3
Примечание - Допускаются примеси мышьяка до 0,15 %, магния –до 0,02 %, серы –до 0,05 % в пределах общей суммы примесей										

Таблица 16 5 2 - Механические свойства в поставке

Марка бронзы	Способ литья*	σв, МПа (кгс/мм2) не менее	δ5, %	Твердость, НВ
Бр03Ц7С5Н1	К	206 (21)	5	588 (60)
	П	176,2 (18)	8	588 (60)
* К – литье в кокиль, П – литье в песчаную форму				

17 Сплавы на основе алюминия деформируемые

17 1 Алюминий технической чистоты марок АД0, АД1

Таблица 17 1 1 - Химический состав (по ГОСТ 4784-97)

В процентах

Марка	Al	Fe	Si	Cu	Mg	Mn	Zn	Сумма прочих примесей
		не более						
АД0	99,5	0,4	0,3	0,05	0,05	0,050	0,07	0,5
АД1	99,3	0,3	0 3	0,05	0 05	0 025	0,10	0,7

Таблица 17 1 2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Состояние поставки	Состояние испытываемых образцов	Толщина или диаметр, мм	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	δ, %
					не менее	
Лента от 0,25 до 10,5 мм	ГОСТ 13726-97	Отжиг	Отжиг	0,25-0,50	60 (6)	20
				Св 0,5-0,9	60 (6)	25
				Св 0,9-10,5	60 (6)	30
		Полунагартованные	Полунагартованные	0,8-4,5	100 (10)	6
		Нагартованные	Нагартованные	0,25-0,8	145 (15)	3
				Св 0,8-3,5	145 (15)	4
				Св 3,5-4,0	130 (13)	5
		Без термообработки	Без термообработки	5,0-10,5	70 (7)	15
Трубы прессованные Ø от 18 до 300 мм	ГОСТ 18482-79	Без термообработки	Отжиг	Всех размеров	58,8 (6)	20
Прутки прессованные Ø от 5 до 400 мм, Ø от 7 до 150 мм, шестигранные от 7 до 100 мм	ГОСТ 21488-97*	Без термообработки	Без термообработки	8-300 включ	60 (6)	25
Листы от 0,3 до 10,5 мм	ГОСТ 21631-76	Отожженные	Отожженные	0,3-0,5	60 (6)	20
				Св 0,5-0,9	60 (6)	25
				Св 0,9-10 5	60 (6)	28
		Полунагартованные	Полунагартованные	0,8-4,5	100 (10)	6
		Нагартованные	Нагартованные	0,3-0,8	145 (15)	3
				Св 0,8-3,5	145 (15)	4
				Св 3,5-10 5	130 (13)	5
		Без термообработки	Без термообработки	5-10,5	70 (7)	15
Плиты толщиной от 11 до 200 мм	ГОСТ 17232-99	Без термообработки	Без термообработки	11-25	78,4 (8)	18
				Св 25-80	63,7 (6,5)	15
Проволока Ø от 1,4 до 10 мм (АД1)	ГОСТ 14838-78	Нагартованные	Нагартованные	1,4-10,0	60 (6)	-
Трубы холоднокатаные	ГОСТ 18475-82	АД0				
		Отожженные	Отожженные	Всех размеров	60 (6)	20
		Нагартованные	Нагартованные	До 2**	80 (8)	4
				Св 2-5**		5
		АД1				
		Отожженные	Отожженные	Всех размеров	60-110 (6-11)	20
		Нагартованные	Нагартованные	До 2**	110 (11)	4
				Св 2-5**	100 (10)	5

* Механические свойства прутков Ø более 300 мм не нормируются

** Толщина стенки

Таблица 17 1 3 - Механические свойства при высоких температурах (для толщины не более 60 мм) [57]

Марка	Характеристика	Температура t, °С													
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
АД0, АД1	$\sigma_в$ МПа (кгс/мм^2)	60 (6)	58,7	57,5	56,3	55,2	54,1	53,0	51,6	50,0	48,2	46,2	44,0	41,6	39,0
	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	30,0	29,7	29,4	29,2	29,0	28,0	27 5	27,0	26,7	26,2	26,0	25,7	25.0	25,0

Таблица 17 1 4 - Механические свойства при отрицательных температурах [58]

Температура t, °С	$\sigma_т$, кгс/мм^2	$\sigma_в$ кгс/мм^2	δ_{10}, %	ψ, %	KCU, кгс м/см^2
Лист 4-5 мм, отожженный					
20	3,2	7,9	35	71	9,3
- 40	-	-	-	-	10,7
- 70	-	-	-	-	11,5
- 183	4,0	16,1	48	67	15,6
- 196	-	15,7	52	-	16,2

Таблица 17 1 5 – Физические свойства [57]

Температура t, °С	Коэффициент линейного расширения $\alpha 10^6$, мм/мм град	Температура t, °С	Модуль нормальной упругости Е 10^5, МПа		Плотность, г/см^3
			АД0	АД1	
20-400	25,6	20	0,0711	0,0723	
20-200	24,4	30	0,0708	0 0720	
20-100	23,5	40	0,0705	0,0715	
20-(- 60)	21,7	50	0,0700	0,0713	
20-(- 129)	20,1	60	0,0697	0,0710	
20-(- 240)	16,1	70	0,0694	0,0707	
-	-	80	0,0690	0,0703	
-	-	90	0 0686	0,0699	
-	-	100	0,0683	0,0695	
-	-	110	0,0680	0,0691	2,71
-	-	120	0,0676	0,0687	
-	-	130	0,0671	0,0683	
-	-	140	0,0668	0,0680	
-	-	150	0,0664	0,0675	
		- 20	0 0726	0,0736	
-	-	- 30	0,0730	0,0739	
-	-	- 40	0,0733	0,0743	
-	-	- 50	0,0736	0,0746	
-	-	- 60	0,0740	0,0750	
-	-	- 70	0,0743	0 0754	
-	-	- 180	0,0780	0,0780	

Таблица 17 1 6 - Типовые механические свойства

Состояние материала	$\sigma_т$, кгс/мм^2	$\sigma_в$ кгс/мм^2	δ, %	ψ, %	KCU, кгс м/см^2	Твердость, НВ
Нагартованный	10	14	6	60	-	30-35
Отожженный	3	8	35	80	9	25

Таблица 17 1 7 – Технологические свойства

Температура плавления $t_{пл}$, °С		659
Упрочняемость		Термической обработкой не упрочняется
		Упрочняется нагартовкой в холодном состоянии при одновременном снижении пластичности
Обрабатываемость давлением		Хорошая
Температурный интервал горячей деформации t, °С		260-510
Обрабатываемость резанием	в отожженном состоянии	Неудовлетворительная
	в нагартованном состоянии	Удовлетворительная
Свариваемость		Обе марки хорошо свариваются газовой, аргоно-дуговой и контактной сваркой

7.2 Сплав марки АМц

Таблица 17 2 1 - Химический состав (по ГОСТ 4784-97)

В процентах

Al	Mn	Si	Fe	Cu	Mg	Zn	Ti	Сумма прочих примесей
		не более						
Основа	1,0-1 6	0,6 -	0,7	0,05-0,20	0,2	0 1	0,2	0,1

Таблица 17 2 2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер Заготовок	НД на поставку	Состояние поставки	Состояние испытываемых образцов	Толщина или диаметр, мм	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	δ, %
					не менее	
Лента от 0,25 до 10,5 мм	ГОСТ 13726-97	Отжиг	Отжиг	0,25-0,70	90 (9)	18
				Св 0,7-3,0		22
				Св 3,0-10,5		20
		Полунагартованные	Полунагартованные	0,3-3,5	145 (15)	5
				Св 3,5-4,0		6
		Тричетвертинагартованные	Тричетвертинагартованные	0,3-4,0	165-235 (17-24)	4
		Нагартованные	Нагартованные	0 25-0,50	185 (19)	1
				Св 0,5-0,8		2
				Св 0,8-1,2		3
				Св 1,2-4,0		4
		Без термообработки	Без термообработки	5,0-10,5	100 (10)	10
Трубы прессованные Ø от 18 до 300 мм	ГОСТ 18482-79	Без термообработки	Отожженные	Всех толщин стенки	98 (10)	12
Прутки прессованные Ø от 5 до 350 мм, Ø от 7 до 150 мм, шестигранные от 7 до 100 мм	ГОСТ 21488-97	Без термообработки	Без термообработки	8-350	100 (10)	20
Листы от 0,3 до 10,5 мм	ГОСТ 21631-76	Отожженные	Отожженные	0,5-0,7	90 (9)	18
				Св 0,7-3,0		22
				Св 3,0-10,5		20
		Полунагартованные	Полунагартованные	0,5-3,5	145 (15)	5
				Св 3 5-10,5		6
		Нагартованные	Нагартованные	0,5	185 (19)	1
				Св 0,5-0,8		2
				Св 0,8-1,2		3
				Св 1,2-10,5		4
		Без термообработки	Без термообработки	5-10,5	100 (10)	10
Трубы холоднодеформированные Ø от 6 до 150 мм	ГОСТ 18475-82	Отожженные	Отожженные	Всех размеров	90-135 (9-14)	15
		Нагартованные	Нагартованные		135 (14)	-
Проволока Ø от 1,4 до 10 мм	ГОСТ 14838-78	Нагартованные	Всех размеров	Сопротивление срезу $\tau \geq 7$ 0 кгс/мм^2		-
Плиты толщиной от 11 до 200 мм	ГОСТ 17232-99	Без термообработки	Без термообработки	11-25	120 (12)	15
				Св 25-80	110 (11)	12
* Механические свойства свыше 80 мм не нормируются						

Таблица 1723 - Механические свойства при высоких температурах (для толщины не более 60 мм) [57]

Характеристика	Температура t, °С													
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
$\sigma_в$ МПа (кгс/мм^2)	120,0	118,0	116,1	115,0	113,5	112,0	110,0	107,7	105,0	101,8	98,3	94,3	89,0	85,0
$\sigma_{0,2}$МПа (кгс/мм^2)	50,0	49,1	48,3	47,4	46,5	45,6	44,6	43,8	43,0	42,3	41,0	41,0	40,5	40,0

Таблица 1724 - Механические свойства при отрицательных температурах

Температура t, °С	$\sigma_в$ кгс/мм^2	$\sigma_{0,2}$ кгс/мм^2	δ, %	ψ, %	KCU, кгс м/см^2
20	12	8	30	63	6
- 78	16	10	33	60	6
- 196	24	12	44	-	5
- 253	30	15	45	40	5

Таблица 1725 – Физические свойства [57]

Температура t, °С	Коэффициент линейного расширения α 10^6, мм/мм град	Температура t, °С	Модуль нормальной упругости Е 10^5, МПа	Плотность, г/см^3
20-100	23,2	20	0,0746	
20-200	24,8	30	0,0720	
20-300	25,9	40	0,0739	
20	21,5	50	0,0736	
- 100	17,1	60	0,0732	
- 180	7,8	70	0,0729	
- 196	5,6	80	0,0725	
-	-	90	0,0722	
-	-	100	0,0718	2,73
-	-	110	0,0714	
-	-	120	0,0711	
-	-	130	0,0707	
-	-	140	0,0702	
-	-	150	0,0699	
		- 20	0,0752	
-	-	- 30	0,0764	
-	-	- 40	0,0768	
-	-	- 50	0,0772	
-	-	- 60	0,0774	
-	-	- 70	0,0777	

Таблица 1726 – Технологические свойства

Температура плавления $t_{пл}$, °С	650
Упрочняемость	Упрочняется нагартовкой в холодном состоянии при одновременном снижении пластичности
Обрабатываемость давлением	Хорошая
Температурный интервал горячей деформации t, °С	420-480
Обрабатываемость резанием в отожженном состоянии	Неудовлетворительная
Свариваемость	Хорошо сваривается газовой, аргонодуговой и контактной сваркой

18 Сплавы на основе алюминия для отливок

18.1 Сплав марки АК12 (АЛ2)

Таблица 18 1 1 - Химический состав (по ГОСТ 1583-93)

В процентах

Si	Al	Fe			Mn	Zr	Cu	Zn	Ti	Mg
		З, В	К	Д						
		не более								
10,0-13,0	Основа	0,7	1,0	1,5	0,5	0,1	0,6	0,3	0,1	0,1

Примечание - З – литье в землю,
В – литье по выплавляемым моделям,
К – литье в кокиль,
Д – литье под давлением

Таблица 18 1.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

НД на поставку	Способ литья	Вид термообработки	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	δ, %	Твердость, НВ
			не менее		
ГОСТ 1583-93	ЗМ, ВМ, КМ	-	147 (15)	4	50
ОСТ 26-07-1114-74	К	-	157 (16)	2	50
	Д	-	157 (16)	1	50
	ЗМ, ВМ, КМ	Т2	137 (14)	4	50
	К	Т2	147 (15)	3	50
	Д	Т2	147 (15)	2	50

Примечание - М – сплав подвергался модифицированию

Таблица 18 1 3 - Механические свойства в зависимости от температуры

Температура t, °С	$\sigma_в$ кгс/мм^2	$\sigma_т$ кгс/мм^2	δ, %	ψ, %	KCU, кгс м/см^2	Твер-дость, НВ	Е, кгс/мм^2
Отливка в землю (ЗМ) [53]							
20	18-19	7,8-8,6	6-8	-	0,7	55	7 200
90	16,0	7	11 0	-	-	-	-
150	12,0	6	13,0	-	-	-	-
370	4,0	2	22,0	-	-	-	-
Отливка в кокиль (К) [53]							
20	14-26	8-12	1,0	-	0,5	80	6 600
150	12,0	6	13 0	15	-	-	-
260	8,0	4	15,0	15	-	-	-
370	4,0	2	22,0	24	-	-	-
Отливка в землю (ЗМ) [49]							
20	18,8	-	5,6	-	-	-	-
- 183	24,3	-	3,5	-	-	-	-

Таблица 18 1 4 - Ударная вязкость KCU, кгс м/см^2, в зависимости от температуры t, °С [49]

Состав сплава	KCU, кгс м/см^2, при температуре, °С			
	20	- 40	- 70	- 183
Si - 11,92%, Cu - 0,5%, Fe - 0,46%, Al - остальное	0,74	0,65	0,56	-
Si - 11,47%	0,55	-	-	0,41

Таблица 18 1 5 - Механические свойства в зависимости от толщины стенки отливки (без термообработки) [54]

Диаметр или толщина стенки, мм	$\sigma_в$ кгс/мм^2	δ, %
15	13,5	5,5
30	13,0	2,4
45	12,1	1,7
60	11,2	1,5

Таблица 18 1 6 – Предел выносливости [2]

Полуфабрикат	Способ литья	Состояние	Количество циклов	Предел выносливости σ_{-1}, МПа
Отдельно отлитый образец 12 мм	ЗМ	Без термообработки	$2\ 10^7$	42
	ЗМ	Т2		42

Таблица 18 1 7 – Физические свойства [57]

Температура t, °С	Коэффициент линейного расширения $\alpha\ 10^6$, $К^{-1}$	Плотность, г/см^3
20-100	21,1	2,65
20-200	22,1	
20-300	23,3	
100	20,0	
20	19,4	
- 40	18,6	
- 60	18,0	
- 100	16,0	
- 196	7,8	
20 – (-100)	18,3	
-100 – (-196)	12,9	
20 – (-196)	16,1	

Таблица 18 1 8 – Технологические свойства

Температура плавления $t_{пл}$, °С	564
Жидкотекучесть	Высокая
Герметичность отливок	Хорошая
Линейная усадка, %	1,1-1,4
Температура заливки $t_{зал}$, °С	680-720
Обрабатываемость резанием	Пониженная
Свариваемость	Сварка возможна. Для сварных конструкций арматуры не применяется

18.2 Сплав марки АК7ч (АЛ9)

Таблица 18 2 1 - Химический состав (по ГОСТ 1583-93)

В процентах

Mg	Si	Al	Fe			Mn	Cu	Zn	Pb	Sn	Ti+Zr	Be
			З, В	К	Д							
			не более									
0,2-0,4	6,0-8,0	Основа	0,6	1,0	1,5	0,5	0,2	0,3	0,05	0,01	0,15	0 1

Таблица 18.2 2 - НД, механические свойства в поставке

НД на поставку	Способ литья	Вид термообработки	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	δ, %	Твердость, НВ
			не менее		
ГОСТ 1583-93	З, В, К	-	157 (16)	2	50
ОСТ 26-07-1114-74	Д	-	167 (17)	1	50
	З В К, Д	Т2	137 (14)	2	45
	КМ	Т4	186 (19)	4	50
	З, В	Т4	(176)18	4	50
	К, КМ	Т5	206 (21)	2	60
	З, В	Т5	196 (20)	2	60
	ЗМ, ВМ	Т5	196 (20)	2	60
	ЗМ, ВМ	Т6	225 (23)	1	70
	ЗМ, ВМ	Т7	196 (20)	2	60
	ЗМ, ВМ	Т8	157 (16)	3	55
	К	Т6	235 (24)	1	70
	К	Т7	196 (20)	2	60
	К	Т8	157 (16)	3	55
	З В	Т4	196 (20)	5	50
	К, КМ	Т4	225 (23)	5	50
	З В	Т5	235 (24)	4	60
	ЗМ, ВМ	Т5	235 (24)	4	60
	К, КМ	Т5	265 (27)	4	60
	ЗМ, ВМ	Т6	274 (28)	2	70
	К, КМ	Т6	300	3	700
	Д	-	200	1	500
	Д	Т2	170	2	450
	ЗМ, ВМ	Т7	210	2 5	600
	ЗМ, ВМ	Т8	170	3 5	550

Примечание - З - литье в песчаные формы,
В - литье по выплавляемым моделям,
К - литье кокиль,
Д - литье под давлением,
М - сплав подвергался модифицированию,
Т - искуственное старение,
Т2 - отжиг,
Т4 - закалка,
Т5 - закалка + неполное старение,
Т6 - закалка + старение,
Т7 - закалка + стабилизирующий отжиг,
Т8 - закалка + отпуск.

Таблица 1823 - Механические свойства в зависимости от температуры [49, 55]

Температура t, °С	$\sigma_в$, кгс/мм^2	$\sigma_т$ кгс/мм^2	δ, %	ψ, %	KCU, кгс м/см^2
Термообработка Т5					
20	19,0	-	2,0	-	0,4
- 183	21,0	-	1,0	-	0,3
Термообработка Т4					
20	16,6	11,4	4,2	4,5	-
- 78	18,3	11,6	3,0	5,0	-

Таблица 1824 - Ударная вязкость KCU в зависимости от температуры t, °С [49]

Термообработка	Тип образца	KCU, кгс м/см^2		
		20	- 78	- 183
Т4	Шарпи	0,26	0,25	-
Т5	Менаже	0,39	-	0,31

Таблица 1825 - Предел текучести в зависимости от вида термообработки [54]

Способ литья	Вид термообработки	$\sigma_{0,2}$, кгс/мм^2
ЗМ	Т1	14
ЗМ	Т4	11
ЗМ	Т5	17
К	Т5	19
ЗМ	Т6	20
ЗМ	Т7	14

Таблица 1826 – Предел выносливости [2]

Способ литья	Состояние	Количество циклов	Предел выносливости σ_{-1}, МПа
ЗМ	Т4	$2 \cdot 10^7$	45
ОМ			
ВМ			

Таблица 1827 – Физические свойства [49, 51]

Температура t, °С	Коэффициент линейного расширения $\alpha\ 10^6$, мм/мм град	Температура t, °С	Модуль нормальной упругости E, кгс/мм^2	Плотность, г/см^3
20-100	23,0	20	64 600	2,66
20-200	24,0	- 78	7 200	
20-300	24,5	-	-	
20	20,3	-	-	
- 20	19,9	-	-	
- 40	19,6	-	-	
- 60	19,3	-	-	
- 100	18,0	-	-	
- 180	10,2	-	-	
- 196	8,0	-	-	
20-(-100)	19,8	-	-	
20-(-196)	17,5	-	-	
-100-(-196)	14 1	-	-	

Таблица 18.2.8 – Технологические свойства

Температура плавления $t_{пл}$, °С	610
Жидкотекучесть	Высокая
Герметичность отливок	Хорошая
Линейная усадка, %	0.8-1,1
Температура заливки $t_{зал}$, °С	690-750
Обрабатываемость резанием	Удовлетворительная
Свариваемость	Сварка возможна Для сварных конструкций арматуры не применяется

18.3 Сплав марки АМг7 (АЛ29)

Таблица 18 3 1 - Химический состав (по ГОСТ 1583-93)

В процентах

Mg	Si	Mn	Al	Fe	Cu	Zn	Be	Сумма примесей
				не более				
6,0-8,0	0,5-1,0	0,25-0,60	Остальное	0,9	0,1	0,2	0,01	1,0

Таблица 18 3 2 - НД, механические свойства в поставке

НД на поставку	Способ литья	Вид термообработки	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	δ, %	Твердость, НВ
			не менее		
ГОСТ 1583-93 ОСТ 26-07-1114-74	Под давлением	-	206 (21)	3	60

Таблица 18 3 3 - Механические свойства в зависимости от температуры [66]

Температура t, °С	$\sigma_т$, кгс/мм^2	$\sigma_в$ кгс/мм^2	δ, %	KCU, кгс м/см^2
20	14,0	24	5,0	0,60
80	15,0	19	1,6	-
100	13,0	17	1,7	0,37
150	14,0	18	2,0	0,38
- 20	13,0	19	2,0	0,38
- 50	15,0	19	1,5	-
- 70	18,5	22	2,0	0,25

18 4 Сплав марки АМг10 (АЛ27)

Таблица 18 4 1 - Химический состав (по ГОСТ 1583-93)

В процентах

Al	Mg	Zr	Be	Ti	Fe	Mn	Cu	Zn	Si	Сумма примесей
					не более					
Остальное	9,5-10,5	0,05-0,20	0,05-0,20	0,05-0,15	0,20	0,10	0,15	0,10	0,20	0,50

Таблица 18 4 2 - НД, механические свойства в поставке

НД на поставку	Способ литья	Вид термообработки	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	δ, %	Твердость, НВ
			не менее		
ГОСТ 1583-93	З, К, Д	Т4	314 (32)	12	75

Примечание – З - литье в песчаные формы,
К - литье кокиль,
Д - литье под давлением,
Т4 - Закалка

Таблица 18 4 3 – Дополнительные данные [2]

Предел выносливости σ_1, МПа, на базе 2 10^7 циклов	Коэффициент линейного расширения α 10^6, °С$^{-1}$, при температуре (20-100) °С	Плотность, г/см^3
70	24,5	2,55

18 5 Сплавы марки АЛ4 (АК9ч), АЛ5 (АК5М), АЛ13 (АМг5Мц), АЛ28 (АМг5Мц)

Таблица 18 5 1 - Химический состав (по ГОСТ 1583-93)

Марка сплава	Массовая доля, %								
	Массовая доля основных компонентов						Массовая доля железа для различных способов литья, не более		
	Mg	Si	Mn	Cu	Ti	Al	З, В	К	Д
АЛ4 (АК9ч)	0,17-0,30	8,0-10,5	0,2-0,5	-	-	основа	0,6	0,9	1,0
АЛ5 (АК5М)	0,35-0,6	4,5-5,5	-	1,0-1,5	-	основа	0,6	1,0	1,5
АЛ13 (АМг5Мц)	0,1-0,2	11,0-13,5	0,1-0,5	-	-	основа	0,9	1,0	1,1
АЛ28 (АМг5Мц)	4,8-6,3	-	0,4-1,0	-	0,05-0,15	основа	0,30	0,40	0,5

Примечания
З –литье в песчаные формы,
В –литье по выплавляемым моделям,
К –литье в кокиль,
Д –литье под давлением

Таблица 18 5 2 - Механические свойства литейных алюминиевых сплавов в поставке

Марка алюминиевого сплава	Способ литья*	Вид термообработки	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	δ, %	Твердость, НВ
			не менее		
АЛ4 (АК9ч) ГОСТ 1583 ОСТ 26-07-1114	З, В, К, Д	-	147(15)	2	50
	К, Д, ПД, КМ, ЗМ	Т1	196 (20)	1,5	60
	ЗМ, ВМ	Т6	225 (23)	3	70
	К, КМ	Т6	235 (24)	3	70
	З	Т6	225 (23)	2	70
АЛ5 (АК5М)	З, В, К	Т1	157(16,0)	0,5	65,0
	З, В	Т5	196(20,0)	0,5	70,0
	К	Т5	216(22,0)	0,5	70,0
	З, В	Т6	225(23,0)	0,5	70,0
	З, В, К	Т7	176(18,0)	1,0	65,0
	К	Т6	235(24,0)	1,0	70,0
АЛ13(АМг5К) ГОСТ 1583 ОСТ 26-07-1114	З, В, К	-	147(15)	1	55,0
	Д		167(17)	0,5	55,0
АМг5Мц(АЛ28) ГОСТ 1583 ОСТ 26-07-1114	З, В	-	196 (20)	4	55
	К	-	206(21)	5	55
	Д	-	206(21)	3,5	55

19 Сплавы на основе титана деформируемые

19 1 Сплав марки ВТ1-0

Таблица 19 1 1 - Химический состав (по ГОСТ 19807-91)

В процентах

Ti	Si	Fe	O	H	N	C	Сумма примесей
	не более						
Основа	0,1	0,25	0,2	0,01	0,04	0,07	0,3

Таблица 19 1 2 - Сортамент, НД, механические своиства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Состояние поставки	Толщина или диаметр, мм	Механические свойства при 20 °С				Твердость, НВ
				$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	δ_5, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс м/см^2)	
				не менее				
Прутки горячекатаные Ø от 10 до 150 мм**	ГОСТ 26492-85	Без термообработки	Прутки обычного качества*					
			10-12	345 (35)	15	40	-	
			Св 12-100			40	70 (7)	
			Св 100-150			36	50 (5)	
			Прутки повышенного качества*					
			10-12	390 540 (40 55)	20	50	-	
			Св 12-100	390 540 (40 55)	20	50	100 (10)	
			Св 100-150	355-540 (36 55)	19	38	50 (5)	-
Плиты горячекатаные от 11 до 150 мм	ГОСТ 23755-79	Без термообработки	11-60	370-570 (38-58)	13	27	Угол изгиба, градусы, 40 (для толщин 11-40 мм)	
			Св 60-150	295-540 (30-55)	10	24		
Трубы бесшовные холоднодеформированные Ø от 5,8 до 130 мм	ГОСТ 22897-86	Термообработанные	Все размеры	343-568 (35-58)	24	$\sigma_т$ 245(25)	-	-
				при 150°С 216 (22)	-	при 150°С 147(15)		
Трубы бесшовные горячекатаные Ø от 83 до 480 мм	ГОСТ 21945-76	Термообработанные	Все размеры	343-568 (35-58)	20	42	78 (8)	$\sigma_т$ 245(25)
Трубы сварные Ø от 25 до 102 мм	ГОСТ 24890-81	Без термообработки и с термообработкой	Св 38 102	392 539 (40 55)	15	-	-	-
			25 38	392-588 (40-60)	15	-	-	-
Лист толщиной от 0,3 до 10,5 мм	ГОСТ 22178-76	Отожженные	0,3-0,4	375 (38)	25	Толщина листа		Угол изгиба
			Св 0,4-1,8		30	0,3-0,6		140
			Св 1,8-6,0		25			
			Св 6,0-10,5		20	0,7		130
		Без термообработки	8,0-10,5	375 (38)	20			
						0,8		120
		Листы высокой отделки поверхности						
			0,3-0,4		25	1,0		110
			Св 0,4-1,8		30	1,2		100
			Св 1 8-6 0		25	1,5		90
			Св 6,0-10,5		20	Св 1,5-10,5		80
Лист толщиной от 0,3 до 10,5 мм	ОСТ 190218-76	Отожженные	Все Размеры	(40-55)	20-30	-	-	-

* На отожженных образцах

** Прутки Ø от 10 до 150 мм поставляются также по ТУ 1-83-21-79

Таблица 1913 - Механические свойства при высокой температуре [6]

Сортамент	Характеристика	Температура t, °С					
		20	50	100	150	200	250
Лист толщиной от 0,3 до 10,0 мм, поковки, штамповки, прутки Ø до 100 мм, трубы	$\sigma_в$ МПа (кгс/мм^2)	294 (30)	265 (27)	235 (24)	196 (20)	157 (16)	137 (14)
	$\sigma_{0,2}$ МПа (кгс/мм^2)	216 (22)	196 (20)	167 (17)	147 (15)	118 (12)	98 (10)
	δ, %	20	21	22	23	24	24
	ψ, %	45	40	35	35	40	50

Таблица 1914 - Механические свойства при отрицательных температурах [58, 53]

Температура t, °С	$\sigma_в$ кгс/мм^2	$\sigma_{0,2}$, кгс/мм^2	δ, %	KCU, кДж/м^2
Лист 1 мм, отожженный				
20	47	43	23	-
- 196	96	66	47	-
- 253	126	78	46	-
- 269	113	80	25	-
Пруток Ø 30 мм, отожженный				
20	46	38	23	21
- 196	87	64	33	25
- 253	112	70	20	20
- 269	109	73	27	18

Таблица 1915 - Пределы длительной прочности и ползучести [59]

Характеристика	Длительность испытания, ч	Температура t, °С			
		20	150	350	400
$\sigma_{д.п}$, кгс/мм^2	25	-	-	15	14
	50	-	-	15	14
	2 000	25,0	16	12	-
$\sigma_{0,2}$ кгс/мм^2	100	29,9	-	-	-
	200	28,8	-	-	-
	10 000	16,0	10	8	-

Таблица 1916 – Физические свойства

Температура, t, °С	Коэффициент линейного расширения $\alpha 10^6$, мм/мм град	Температура t, °С	Модуль нормальной упругости E, кгс/мм^2	Плотность, г/см^3
20-100	8,2	20	11 500	4,5
20-200	8,6	100	11 000	
20-300	8,8	150	10 600	
20-400	9,1	200	10 200	
20-500	9,5	250	9 500	

Таблица 1917 – Технологические свойства

Температурный интервал горячей деформации, °С	900-700
Ковка, штамповка	Хорошая
Коэффициент вытяжки при температуре 20 °С	1,65-2,00
Свариваемость	Свариваемость без ограничений
	Основной вид сварки при изготовлении арматуры ручная аргонодуговая неплавящимся электродом
	После сварки рекомендуется термообработка для снятия напряжений
Паяемость	Возможна пайка серебряными припоями со сталями и цветными сплавами
Обрабатываемость резанием	Плохая

19.2 Сплав марки ОТ4-0

Таблица 19 2 1 - Химический состав (по ГОСТ 19807-91)

В процентах

Ti	Al	Mn	Zr	Si	Fe	O	H	N	C	Сумма примесей
			не более							
Основа	0,4-1,4	0,5-1,3	0,3	0,12	0,3	0,15	0,012	0,05	0,1	0,3

Таблица 19 2 2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Состояние поставки	Толщина или диаметр, мм	Механические свойства при 20 °С				Твердость, НВ
				$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс м/см^2)	
				не менее				
Прутки горячекатаные Ø от 10 до 150 мм	ГОСТ 26492-85	Без термообработки	Прутки обычного качества*					
			10-12	440 (45)	15	35	-	156-207**
			Св 12-100		15	35	50 (5)	
			Св 100-150		13	30	40 (4)	
			Прутки повышенного качества*					
			10-12	490-635 (50-65)	20	40	-	-
			Св 12-100	490-635 (50-65)		40	70 (7)	-
			Св 100-150	440-635 (45-65)		32	50 (5)	-
Плиты горячекатаные от 11 до 150 мм	ГОСТ 23755-79	Без термообработки	11-20	490-635 (50-65)	12	18	-	-
			Св 20-60		11			
			Св 60-150		10			
Трубы сварные Ø от 25 до 102 мм	ГОСТ 24890-81	Без термообработки и с термообработкой	Все размеры	490-637 (50-65)	15	-	-	-
Лист толщиной от 0,3 до 10,5 мм	ГОСТ 22178-76	Отожженные	0,3-0,4	470 (48)	25	Толщина листа, мм		Угол изгиба, град
			Св 0,4-1,8		30	0,3-0,6		140
			Св 1,8-6,0		25			
			Св 6,0-10,5		20	0,7		130
		Листы высокой отделки поверхности						
			0,3-0,4	490-635 (50-65)	25	0,8		120
			Св 0,4-1,8		30	1,2		100
			Св 1,8-6,0		25	1,5		90
			Св 6,0-10,5		20	1,5-10,5		80

* На отожженных образцах, прутки Ø от 10 до 150 мм поставляются также по ТУ 1-83-21-79

** Справочные данные

Таблица 19 2 3 - Механические свойства при высокой температуре [61, 62]

Сортамент	Характеристика	Температура t, °С						
		20	100	200	250	300	350	400
Лист толщиной до 60,0 мм включ.	$\sigma_т$, кгс/мм^2	4000	3300	2400	2000	1800	1600	1500
	$\sigma_в$ кгс/мм^2	4800	4150	3330	3000	2550	2500	2450
	ψ, %	35	39,5	42,9	-	53,7	-	-

Таблица 19 2 4 - Механические свойства при отрицательных температурах [2]

Температура t, °С	$\sigma_в$, кгс/мм^2	$\sigma_{0,2}$, кгс/мм^2
- 70	775	660
- 196	1050	920

Таблица 19 2 5 - Термическая стабильность (лист толщиной 2 мм, отожженный) [60]

Температура t, °С	Время, ч	$\sigma_в$, кгс/мм^2	δ, %	KCU, кгс м/см^2	Угол изгиба, град
Исходное состояние		53,9	30	14,7	80
200	500	54,9	26	11,8	78
300		54,9	25	9,0	76
450		55,9	29	9,0	73

Таблица 19.2 6 – Физические свойства [61, 62]

Температура t, °С	Коэффициент линейного расширения α 10^6, мм/мм·град	Температура t, °С	Модуль нормальной упругости Е 10^{-6}, кгс/мм^2	Плотность, г/см^3
0-100	8,0	20	1 10	4,51
0-200	8,6	100	1,06	
0-300	9,1	150	1,02	
0-400	9,6	200	0,96	
-	-	250	0,90	
-	-	300	0,83	
-	-	350	0,76	
-	-	400	0,70	

Таблица 19 2 7 – Технологические свойства

Температурный интервал ковки, °С	1000-750
Ковка, штамповка	Хорошая
Степень деформации за один нагрев, %	40-70
Свариваемость	Свариваемость без ограничений
	Основной вид сварки при изготовлении арматуры ручная аргонодуговая неплавящимся электродом
	После сварки рекомендуется отжиг для снятия напряжений
Обрабатываемость резанием	Плохая

19.3 Сплав марки ОТ4-1

Таблица 19.3.1 - Химический состав (по ГОСТ 19807-91)

В процентах

Ti	Al	Mn	Zr	Si	Fe	O	H	N	C	Сумма примесей
			не более							
Основа	1,5-2,5	0,7-2,0	0,3	0,12	0,3	0,15	0,012	0,05	0,1	0,3

Таблица 19.3.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Состояние поставки	Толщина или диаметр, мм	Механические свойства при 20 °С				Твердость, НВ
				$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс м/см^2)	
				не менее				
Прутки горячекатаные Ø от 10 до 150 мм	ГОСТ 26492-85	Без термообработки	Прутки обычного качества*					
			10-12	540 (55)	12	30	-	197-255**
			Св 12-100		12	30	45 (4,5)	
			Св 100-150		10	21	40 (4)	
			Прутки повышенного качества*					
			10-12	590-735 (60-75)	15	35	-	-
			Св 12-100	590-735 (60-75)	15	35	45 (4,5)	-
			Св 100-150	540-735 (50-75)	13	24	40 (4)	-
Плиты горячекатаные от 11 до 150 мм	ГОСТ 23755-79	Без термообработки	11-20	590-735 (60-75)	10	18	-	-
			Св 20-60		9	18		
			Св 60-150		8	14		
Трубы бесшовные горячекатаные Ø от 83 до 480 мм	ГОСТ 21945-76	Термообработанные	Все размеры	588-735 (60-75)	12	35	44 (4,5)	$\sigma_т$ 490(50)
Лист толщиной от 0,3 до 10,5 мм	ГОСТ 22178-76	Отожженные	0,3-0,7	590 (60)	25	Толщина листа, мм		Угол изгиба, град
			Св 0,7-1,8		20	0,3-0,4		120
			Св 1,8-6,0		15			
			Св 6,0-10,5		13	Св 0,4-0,7		100
		Листы высокой отделки поверхности						
			0,3-0,7	590-785 (60-80)	25	Св 0,7-1,0		80
			Св 0,7-1,8		20	Св 1,0-1,8		70
			Св 1,8-6,0		15	Св 1,8-10,5		60
			Св 6,0-10,5		13	-		

* На отожженных образцах, прутки Ø от 10 до 150 мм поставляются также по ТУ 1-83-21-79

** Справочные данные

Таблица 1933 - Механические свойства в зависимости от температуры [63]

Температура t, °С	$\sigma_в$, кгс/мм^2	$\sigma_{0,2}$ кгс/мм^2	δ, %	ψ, %	KCU, кгс м/см^2
Лист отожженный				-	
20	56	-	18,0	-	-
- 196	104	81	14,0	-	-
- 253	125	92	4,5	-	-
Пруток отожженный					
20	65	51	21,0	42	5,1
- 196	108	83	17 0	21	2,3
- 253	137	115	15,0	11	2,7
250	45	38	-	-	-
350	41	35	-	-	-
400	38	33	-	-	-

Таблица 1934 - Пределы длительной прочности, выносливости и ползучести, МПа [2]

Температура t, °С	$\sigma_{Д\ н.100}$	$\sigma_{0,2/100}$	σ_{-1}*
300	440	230	300
350	340	260	260
400	290	190	200
* На базе 10^7 циклов			

Таблица 1935 – Физические свойства [2 63]

Температура, t, °С	Коэффициент линейного расширения α 10^6, мм/мм град	Температура t, °С	Модуль нормальной упругости Е, ГПа	Плотность, г/см^3
20-100	8,0	20	110	4,55
20-200	8,3	-	-	
20-300	8,5	-	-	
20-400	8,8	-	-	
20-500	8,6	-	-	
20-600	9,1	-	-	

Таблица 1936 – Технологические свойства

Температурный интервал ковки, °С	1000-800
Ковка, штамповка	Хорошая
	Листовая штамповка производится в холодном состоянии
Предельный коэффициент вытяжки при штамповке	1,8
Свариваемость	Свариваемость без ограничений
	Основной вид сварки при изготовлении арматуры – ручная аргонодуговая неплавящимся электродом
	После сварки рекомендуется отжиг для снятия напряжений
Обрабатываемость резанием	Плохая

19.4 Сплав марки ОТ4

Таблица 19 4 1 - Химический состав (по ГОСТ 19807-91)

В процентах

Ti	Al	Mn	Zr	Si	Fe	O	H	N	C	Сумма примесей
			не более							
Основа	3,5-5,0	0,8-2,0	0,3	0,12	0,3	0,15	0,012	0,05	0,1	0,3

Таблица 19 4.2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Состояние поставки	Толщина или диаметр, мм	Механические свойства при 20 °С				Твердость, НВ
				$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс м/см^2)	
				не менее				
Прутки горячекатаные Ø от 10 до 150 мм	ГОСТ 26492-85	Без термообработки	Прутки обычного качества*					
			10-12	685 (70)	8	25	-	
			Св 12-100	685 (70)		25	40 (4)	
			Св 100-150	635 (65)		20	35 (3,5)	
			Прутки повышенного качества*					
			10-12	685-885 (70-90)	11	30	-	
			Св 12-60		11	30	40 (4)	
			Св 60-100		10	30	40 (4)	
			Св 100-150	635-885 (65-90)	9	21	35 (3,5)	
Плиты горячекатаные Ø от 11 до 150 мм	ГОСТ 23755-79	Без термообработки	11-20	686-885 (70-90)	8	15	-	-
			Св 20-60		7	13		
			Св 60-150		6	10		
Трубы бесшовные горячекатаные Ø от 83 до 480 мм	ГОСТ 21945-76	Термообработанные	Все размеры	686-882 (71-90)	10	30	34 (3,5)	$\sigma_т$ 637(65)
Трубы бесшовные холоднодеформированные Ø от 5,8 до 130 мм	ГОСТ 22897-86	Термообработанные	Все размеры	686-833 (71-85)	10	-	-	-
Лист толщиной от 0,3 до 10,5 мм	ГОСТ 22178-76	Отожженные	0,5-1,0	685 (70)	20	Толщина листа, мм		Угол изгиба, град
			Св 1,0-1,8		15	0,5-0,7		80
			Св 1 8-6,0		12			
			Св 6,0-10,5		10	Св 0,7-1,0		70
		Листы высокой отделки поверхности						
			0,5-1,0	685-885 (70-90)	20	Св 1,0-1,8		60
			Св 1,0-1,8		15	Св 1,8-10,5		50
			Св 1,8-10,5		12	-		
* На отожженных образцах, прутки Ø от 10 до 150 мм поставляются также по ТУ 1-83-21-79								

Таблица 1943 - Механические свойства в зависимости от температуры [59, 58]

Температура t, °С	$\sigma_в$ кгс/мм^2	$\sigma_{0,2}$ кгс/мм^2	δ, %	ψ, %	KCU, кгс м/см^2
200	52,0	-	38,5	68,0	-
250	48,5	-	40,5	68,5	-
300	44,5	-	36,0	72,0	-
350	43,5		35,0	74,0	-
400	43,0	-	32,0	73,0	-
450	42,0	-	31,0	74,0	-
Лист отожженный					
20	86 0	-	82 0	19 0	-
- 70	98 0		93 0	17,0	-
- 196	133,0	-	123,0	21,0	
- 253	156,0	-	149,0	5,0	-
Пруток тянутый Ø 14 мм, отожженный					
20	83,0	76	23,0	35,0	12
- 196	142,0	139	12,0	18,0	4
- 253	173,0	164	3,0	7,4	4

Таблица 1944 - Пределы длительной прочности, выносливости и ползучести МПа [2 11]

Характеристика	Длительность испытания, ч	Температура t °С				
		250	300	350	400	450
$\sigma_{д\,п}$	1 000	510	471	451	421	-
	2 000	510	471	451	-	-
$\sigma_{пол\,0,2}$	100	461	441	324	196	49
	500		363		-	-
σ_{-1}	База 10^7 циклов	-	-	310	260	

Таблица 1945 – Физические свойства [2, 59, 60]

Температура, t, °С	Коэффициент линейного расширения α 10^6, мм/мм град	Температура t, °С	Модуль нормальной упругости Е ГПа	Плотность, г/см^3
20	8,75	20	110 120	4 55
- 40	8,45	-	-	
60	8,30	-	-	
- 100	7,10	-	-	
- 180	5,70	-	-	
- 196	5,50	-		
20-100	8,00	-	-	
20-200	8,50	-	-	
20-400	8,80	-	-	

Таблица 1946 – Технологические свойства

Температурный интервал ковки, °С	950-800
Температурный интервал штамповки °С	600-700
Ковка, штамповка	Хорошая
	Листы удовлетворительно штампуются при комнатной температуре
Свариваемость	Свариваемость без ограничений
	Основной вид сварки при изготовлении арматуры – ручная аргоно-дуговая неплавящимся электродом
	После сварки необходим отжиг для снятия напряжений
	Возможна пайка серебрянным припоем со сталями и цветными металлами
Обрабатываемость резанием	Плохая

19 5 Сплав марки ЗМ

Таблица 19 5 1 - Химический состав (по ОСТ 1 92077-91)

В процентах

Ti	Al	Zr	Si	Fe	O	N	C	H	Сумма примесей
		не более							
Основа	3,5-5,0	0,3	0,12	0,25	0,15	0 04	0,1	0,006	0 3

Таблица 19 5 2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Состояние поставки	Толщина или диаметр, мм	Механические свойства при 20 °С				
				$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2)	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см^2 (кгс м/см^2)
				не менее				
Поковки и кованые прутки	ОСТ В5 9325-79	Отожженные	На продольных образцах					
			До 100	540 (55)	491 (50)	10	25	66 7 (7)
			Св 100 до 450	540 (55)	491 (50)	9	22	58,9 (6)
			Св 450 до 650	540 (55)	491 (50)	8	20	58,9 (6)
			На тангенциальных и поперечных образцах					
			Св 120 до 450	491 (50)	442 (45)	7	15	58,9 (6)
			Св 450 до 650	491 (50)	442 (45)	6	13	58,9 (6)
			$\sigma_в$ и $\sigma_т$ при температуре 350 °С					
			Все размеры	на продольных образцах				
				284 (29)	235 (24)		-	-
				на поперечных образцах				
				265 (27)	216 (22)	-	-	-
Прутки горячекатаные Ø от 10 до 150 мм	ОСТ 1 92062 90	Без термо обработки	На отожженных образцах					
			10 22	540-785 (55-80)	490 (50)	12	30	70 (7)
		Отожженные	На отожженных образцах					
			Св 22 150	540 755 (55-77)	490 (50)	12	30	70 (7)
		Без термо-обработки Отожженные	$\sigma_в$ и $\sigma_т$ при температуре 350 °С					
			Все размеры	на отожженных образцах				
				285 (29)	235 (24)	-	-	-

Таблица 19 5 3 - Гарантированные свойства при высоких температурах [6]

Температура t, °С	$\sigma_в$, кгс/мм^2	$\sigma_{0\,2}$ кгс/мм^2	δ, %	ψ, %	KCU, кгс м/см^2	$\sigma_{д\,п}$ за 10^5 ч
20	55	50	20	22	6	-
100	47	43	21	26	7	
200	39	35	23	32	8	-
300	35	30	18	33	10	25,3
350	29	24	-	-	-	-
400	-	-	14	33	-	-

Таблица 19 5 4 – Физические свойства

Температура, t, °С	Коэффициент линейного расширения α 10^6, мм/мм град	Температура t, °С	Модуль нормальной упругости Е, кгс/мм^2
20	8,9 10^6	20	11 900
400	10,08 10^6	100	11 800
-	-	200	11 350
	-	300	10 850
	-	400	10 300

20 Сплавы на основе титана для отливок

20 1 Сплав марки ТЛ3

Таблица 20 1 1 - Химический состав (по ОСТ 5 9071-88)

В процентах

Al	B	H	O	N	C	Fe	Si	V	Сумма примесей
		не более							
3,0 4,5	0 001-0,005	0,008	0,15	0,04	0,15	0,25	0 12	0,15	0,3

Таблица 20 1 2 - Механические свойства (по ОСТ 5 9071-88)

Состояние поставки	$\sigma_т$ МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_в$ МПа (кгс/мм^2)	δ, %	KCU, кДж/м^2 (кгс м/см^2)	KCV, кДж/м^2 (кгс м/см^2)
	не менее				
После термообработки	441,4 (45)	490,5 (50)	10	588 (6)	392 (4)

20 2 Сплав марки ТЛ5

Таблица 20 2 1 - Химический состав (по ОСТ 5 9071-88)

В процентах

Основные элементы			Примеси							
Al	V	B	O	H	N	C	Fe	Si	V	Прочее
			не более							
3 5 5 0	1 5 2 5	0 001-0 005	0 15	0 008	0 04	0,15	0 25	0 12		0 30

Примечания

1 Бор вводится из расчета обеспечения его содержания в сплаве в пределах, указанных в таблице Содержание бора в сплаве не является браковочным признаком при условии, что механические свойства сплавов не менее указанных в таблице 20 2 2 Контроль наличия бора в сплаве допускается производить качественным анализом

2 Содержание железа, кремния и сумма прочих примесей не определяется, а гарантируется заводом-изготовителем отливок

3 В сумму прочих примесей могут входить элементы ниобий молибден цирконии олово, марганец, хром вольфрам медь и никель

Таблица 20 2 2 - Механические свойства (по ОСТ 5 9071-88)

Марка сплава	Предел текучести, МПа (кгс/мм^2)	Временное сопротивление разрыву, МПа (кгс/мм^2)	Относительное удлинение δ , %	Ударная вязкость KCU, кДж/м^2 (кгс м/см^2)	Ударная вязкость KCV кДж/м^2 (кгс м/см^2)
	не менее				
ТЛ 5	588,6 (60)	637 6 (65)	8	-	294 (3)

21 Сплавы на основе цинка для отливок

21 1 Сплавы антифрикционные марок ЦАМ 10-5 (ЦАМ 10-5Л), ЦАМ 9-1,5 (ЦАМ 9-1,5Л), ЦАМ 4-1

Таблица 21 1 1 - Химический состав

В процентах

Марка	НД	Al	Cu	Mg	Zn	Fe	Pb	Sn	Cd	Si
						не более				
ЦАМ 10-5	ГОСТ 21438-95	9,0-12 0	4,0-5,5	0,03-0,06	Остальное	0,01	0,02	0,01	0 015	0,03
ЦАМ 9-1,5		9,0-11 0	1,0-2 0	0,03-0,06						
ЦАМ 4-1	ГОСТ 19424 74	3 5-4,3	0 7-1,2	0,03-0,06		0 05	0,01	0,002	0,005	0,015

Таблица 21 1 2 - Механические свойства (по ТУ 26 0781-018-75)

Марка	Способ литья	$\sigma_в$ кгс/мм^2	δ, %	Твердость, НВ (при диаметре шарика 5 мм и нагрузке 250 кг)
		не менее		
ЦАМ 10-5	Литье под давлением	20	0 5	90
ЦАМ 9-1,5		20	0,5	90
ЦАМ 4-1		30	1,0	85-115

Таблица 21 1 3 - Механические свойства (по ГОСТ 21437 95)

Марка	$\sigma_в$ МПа (кгс/мм^2)	δ, %	Твердость, НВ
	не менее		
ЦАМ 9-1,5	294 (30)	10,0	85
ЦАМ 10-5	343 (35)	4,0	90
ЦАМ 9-1,5Л	245 (25)	1 0	95
ЦАМ 10 5Л	245 (25)	0 4	100

Таблица 21 1 4 - Механические свойства сплава ЦАМ 10-5 (справочные данные) [64]

$\sigma_в$ кгс/мм^2	δ, %	σсж кгс/мм^2	σпц (сжатия) кгс/мм^2	Осадка при сжатии, %	KCU кгс м/мм^2	НВ при температуре t, °С		
						20	75	125
27 30	0,5-1,5	70-115	35-43	53 8-40,0	0,6-1,0	100	77,9	42,4

Таблица 21 1 5 – Влияние температуры на механические свойства сплавов

Марка сплава	Температура t °С	$\sigma_в$, кгс/мм^2	σ_1, кгс/мм^2	σпц, кгс/мм^2	δ, %	ψ, %	KCU кгс м/см^2
ЦАМ 10-5	20	26 0		-	-	-	0,12
	50	28,9	24,5	21 3	19,5	32,0	0,12
	80	24,4	20,5	17,4	18,0	33,0	-
	100	20,4	16,9	14,3	17,0	29,0	-
	120	15,1	13,0	11,0	23,8	39,3	-
	- 50	20,0		-	-	-	0,21
ЦАМ 9 1,5	20	21 0	-			-	0,50
	50	23,8	19,4	16 1	1 65	0,5	-
	80	19,6	13,2	13 7	9,6	15,0	-
	120	18,0	16,1	14,9	12,2	29,0	-
	- 50	18,0		-	-	-	0,30
ЦАМ 10 5	20	22,0	20 5	18,3	1,1	1,5	-
	20*	28,5	-	-	-	-	-
* Образцы вырезаны из заготовки сечением 15х20 мм, отлитой в кокиль							

Таблица 2116 – Физические свойства

Марка сплава	Плотность, г/см^3	Коэффициент линейного расширения α
ЦАМ 10-5	6,3	27
ЦАМ 4-1	6,7	27,4 (20-100 °С)

Таблица 2117 – Технологические свойства

Температура плавления $t_{пл}$, °С	ЦАМ 10-5	395
	ЦАМ 4-1	390
Жидкотекучесть	Высокая	
	Отливка только в металлические формы	
Температура заливки $t_{зал}$, °С	395-430	
Линейная усадка, %	1,17	
Обрабатываемость резанием	Хорошая	

22 Сплавы на основе никеля для отливок

22.1 Сплав медно-никелевый (монель) марки НМЖМц 28-2,5-1,5

Таблица 22 1 1 - Химический состав (по ГОСТ 492-73)

В процентах

Fe	Mn	Cu	Ni+Co	Si	Mg	Pb	S	C	P	Bi	As	Sb
				не более								
2,0-3,0	1,2-1,8	27,0-29,0	Основа	0,05	0,1	0,002	0,01	0,2	0,005	0,002	0,01	0,002

Таблица 22 1 2 - Сортамент, НД, механические свойства в поставке

Вид и размер заготовок	НД на поставку	Состояние поставки		Толщина или диаметр, мм	Механические свойства при 20 °С				Твердость НВ
					$\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	$\delta_{10}(\delta_5)$, %	ψ, %	
					не менее				
Прутки тянутые Ø от 5 до 40 мм, горячекатаные Ø от 35 до 70 мм	ГОСТ 1525-91	тянутые	мягкое	Всех толщин	(24*)	440 (45)	25 (35)	65-75*	110-140*
			твердое			590 (60)	10 (18)	50-65*	140-220*
		горячекатаные, твердые				490 (50)	18 (20)	-	-
Полосы горячекатаные от 12 до 20 мм, холоднокатаные от 0,5 до 10 мм	ГОСТ 5063-73	мягкое		0,5-10	-	440 (45)	25	-	135*
		полутвердое				570 (58)	6,5	-	-
		горячекатаные		12-20	Не нормируются				
Ленты толщиной от 0,1 до 2,0 мм	ГОСТ 5187-70	мягкое		менее 0,5	-	440 (45)	25	-	-
				0,5 и более					
		полутвердое		менее 0,5	-	570 (58)	4	-	-
				0,5 и более			6,5		
* Справочные данные									

Таблица 22 1 3 –Механические свойства в зависимости от температуры [53, 51]

Температура t, °С	$\sigma_т$, кгс/мм^2	$\sigma_в$, кгс/мм^2	δ, %	ψ, %	KCU, кгс·м/см^2	Твердость, НВ
100	-	54,0	38	71	24,7	-
200	24,0	51,7	38	70	23,1	90
300	-	53,5	37	64	23,2	90
400	22 0	51,5	35	52	18,0	-
500	22,0	43,8	19	21	15,4	87
20	14,7	49,6	41	75	-	-
- 40	17 5	56,0	47	76	-	-
- 80	19,0	59,8	40	74	-	-
- 120	20,1	64 2	41	74	-	-
- 180	20 8	78,9	51	72	-	-

Таблица 22 1 4 – Физические свойства

Температура t, °С	Коэффициент линейного расширения α 10^6, мм/мм град	Температура t, °С	Модуль нормальной упругости E, кгс/мм^2	Плотность, г/см^3
25-100	14	20	18 200	8,8
25-300	15	-	-	

Таблица 22 1 5 – Технологические свойства [48]

Температура плавления $t_{пл}$, °С	1350
Обрабатываемость давлением	Хорошая
Температурный интервал ковки, °С	1175-900
Обрабатываемость резанием	Удовлетворительная
Свариваемость	Сварка возможна Для сварных конструкций арматуры не рекомендуется
Паяемость	Применяется пайка твердыми припоями

23 Наплавочные твердые сплавы

23 1 Наплавленный металл типа Э-190К62Х29В5С2 (ГОСТ 10051-75)

Таблица 23 1 1 - Химический состав прутков (по ОСТ 1 90078-72)

В процентах

C	Si	Cr	Co	W	S	P
					не более	
1,0-1,3	2,00-2,75	28,0-32,0	58,0-63,0	4,0-5,0	0,04	0,04

Таблица 23 1 2 - Химический состав и твердость наплавленного металла электродами (по ГОСТ 10051-75)

В процентах

Марка электрода	C	Si	Cr	Co	W	Fe	S	P	Твердость HRC
							не более		
ЦН-2 и др	1,6-2,2	1,5-2,6	26,0-32,0	59,0-65,0	4,0-5,0	Ост	0,035	0,035	42-52

Таблица 23 1 3 - Механические свойства [71, 72]

$\sigma_в$, кгс/мм^2	$\sigma_{сж}$, кгс/мм^2	δ, %	KCU, кгс м/см^2
60-70	155-185	0,5	0,45

Таблица 23 1 4 - Влияние температуры на свойства наплавленного металла [71, 72]

Температура, t, °C	KCU, кгс м/см^2	Твердость HRC
20	0,45	42
400	0 60	-
550	0,85	-
600	-	33
650	1,10	30

Таблица 23 1 5 – Физические свойства

Температура, t, °C	Коэффициент линейного расширения α 10^6, мм/мм град	Температура t, °C	Модуль нормальной упругости Е, кгс/мм^2	Плотность, г/см^3
100-300	12,0	20	22 650	8,5
20-500	16,1	600	18 150	
20-650	16 9	-	-	

Таблица 23 1 6 – Технологические свойства

Температура плавления $t_{пл}$, °C	1275
Способ наплавки	Наплавка производится электродами на основе прутков стеллита ВЗК или ПрВЗК, а также аргонодуговым или ацетилено-кислородным способом в соответствии с действующей НД
	Перед наплавкой производится предварительный подогрев, после наплавки – термообработка
Предварительный подогрев термообработка	Подогрев и термообработку необходимо производить по режимам, которые предназначены для наплавляемой марки стали (сплава), с тем, чтобы не снизить свойства, как основного материала, так и наплавленного

23.2 Наплавленный металл типа Э-08Х17Н8С6Г ГОСТ 10051-75 марок ЦН-6М, ЦН-6Л

Таблица 23.2.1 - Химический состав и твердость (по ГОСТ 10051-75)

В процентах

Марка электрода	C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P	Твердость, HRC
						не более		
ЦН-6М	0,05-0,12	4,8-6,4	1,0-2,0	15,0-18,4	7,0-9,0	0 025	0,030	30-39
Примечание - Изготовление электродов производится в соответствии с паспортом ЦНИИТМАШ или НД завода-изготовителя на основе проволоки Св-04Х19Н9С2, Св-04Х19Н9С2Ф2 и др по ГОСТ 2246-70								

Таблица 23.2.2 - Механические свойства [69]

$\sigma_в$, кгс/мм^2	KCU, кгс м/см^2	Твердость HRC
86	1 12	20
Примечание - Сплав не изменяет ударную вязкость при испытании в зависимости от температуры (от + 20 до – 60 °С)		

Таблица 23.2.3 – Технологические свойства *

Предварительный подогрев перед наплавкой	Температура предварительного подогрева перед наплавкой не ниже 200-300 °С
	Для арматуры DN 100 и более рекомендуется температура предварительного подогрева перед наплавкой 500-800 °С с учетом марки стали (сплава)
	Подогрев с учетом габаритов деталей (сборки) и термообработку необходимо производить по режимам, которые предназначены для наплавляемой марки стали (сплава) с тем, чтобы не снизить свойства, как основного материала, так и наплавленного
Термическая обработка после наплавки	

Класс, марка стали для наплавки	Режим термообработки			
	Температура загрузки t, °С, не менее	Температура нагрева t, °С	Время выдержки, ч	Условия охлаждения
Заготовки из стали аустенитного класса	500	850-870	не менее 2±0 5	С печью не выше 300 °С, затем на воздухе или с печью
Отливки из стали аустенитного класса, заготовки из стали аустенитного класса с Mo (10Х17Н13М3Т и др)	500	950-1000	не менее 2±0,5	
Сталь 14ХН17Н2	650	680-700	3-5	

* Технология наплавки и термическая обработка по РД РТМ 26-07-246-80

23 3 Наплавленный металл типа Э-13Х16Н8М5С5Г4Б ГОСТ 10051-75 марки ЦН-12М

Таблица 23 3 1 - Химический состав и твердость (по ГОСТ 10051-75)

В процентах

Марка электрода	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	Nb	S	P	Твердость, HRC
								не более		
ЦН-12М	0,08-0,18	3,8-4,8	3,0-5,0	14,0-19,0	3,5-7,0	6,5-10,5	0,5-1,2	0,04	0,04	39,5-51,5

Таблица 23 3.2 - Влияние температуры на твердость сплавов [67, 68]

Марка электрода	Твердость при температуре t, °С				
	20	350	500	600	650
ЦН-12М	40-52	38-48	35-41	23-38	26-30

Таблица 23 3 3 - Коэффициент эрозионной стойкости (по методу ВТИ) [68]

Марка электрода	Коэффициент эрозионной стойкости
ЦН-12М	1,18
ЦН-2	1,02
ЦН-6	0,90
08Х18Н10Т	1,00

Таблица 23 3 4 – Технологические свойства

Предварительный подогрев перед наплавкой	Наплавка производится с подогревом и последующей термообработкой непосредственно после наплавки
	Подогрев с учетом габаритов деталей (сборки) и термообработку необходимо производить по режимам, которые предназначены для наплавляемой марки стали (сплава), с тем, чтобы не снизить свойства как основного материала, так и наплавленного

23 4 Наплавленный металл типа Э-09Х31Н8АМ2 ГОСТ 10051-75 марки УОНИ-13/Н1-БК

Таблица 23 4.1 - Химический состав и твердость (по ГОСТ 10051-75)

В процентах

Марка электрода	C,	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	N	Твердость, HRC	
		не более						после наплавки	после термообработки
УОНИ-13/Н1-БК	0,06-0 12	0,5	0 5	30,0-33,0	7,0-9,0	1,8-2,4	0,3-0,4	20-28	40-48

Таблица 23 4 2 – Технологические свойства

Предварительный подогрев перед наплавкой	Наплавка производится без подогрева
Термообработка	Для получения твердости HRC 40-48 после наплавки необходим термообработка при температуре 800 °С, 5-6 ч, охлаждение на воздухе
	Термообработку рекомендуется производить после предварительной механической обработки с припуском 0 5-1,0 мм

24 Чугун серый
24.1 Чугун марки СЧ 15

Таблица 24 1 1 - Химический состав (по ГОСТ 1412-85) (справочное)

В процентах

Марка чугуна	C	Si	Mn	S	P
				не более	
СЧ 15	3,5-3,7	2,0-2,4	0,5-0,8	0,2	0,15

Таблица 24 1 2 - Механические свойства (по ГОСТ 1412-85*)

Марка чугуна	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Твердость, НВ (справочное)
СЧ 15	150 (15)	130-241
* Остальные технические требования по ОСТ 24 207 09-90		

Таблица 24 1 3 - Ориентировочные данные о временном сопротивлении при растяжении и твердость в стенках отливки различного сечения

Характеристика	Толщина стенки отливки, мм						
	4	8	15	30	50	80	150
Временное сопротивление при растяжении МПа, не менее	220	180	150	110	105	90	80
Твердость, НВ, не более	241	224	210	201	163	156	130

Таблица 24 1 4 - Механические свойства* [2]

При растяжении			При сжатии				
E 10^3, МПа	δ, %	$\sigma_{-1р}$, МПа	$\sigma_с$, МПа	E 10^3, МПа	μ	ψ, %	$\sigma_{-1о}$, МПа
60-80	0,2-0,1	50-70	500-800	65-90	0,28-0,29	20-40	70-90

Окончание таблицы 24 1 4

При кручении		При срезе		При изгибе		φ**, %, при вибрации с нагрузкой равной 1/3 $\sigma_{0,2}$	$a_н$, кДж/м^2
$\tau_в$, МПа	τ_{-1}, МПа	$\tau_в$, МПа	G·10^3, МПа	σ_{-1}, МПа	$\sigma_и$, МПа		
240-320	60-80	150-220	40-44	58-66	240-360	30-32	40-70

* Справочные данные

** Циклическая вязкость, характеризующая скорость затухания вибраций, т е чувствительность к надрезам

Таблица 24 1 5 – Физические свойства

Температура t, °С	Коэффициент линейного расширения α 10^6, мм/мм град	Температура t, °С	Модуль нормальной упругости E 10^2, МПа	Плотность кг/м^3
20-200	9,0	20	700-1100	7000

Таблица 24 1 6 – Технологические свойства

Линейная усадка, %	1,1

24 2 Чугун марки СЧ 20

Т а б л и ц а 24 2 1 - Химический состав (по ГОСТ 1412-85) (справочное)

В процента

Марка чугуна	C	Si	Mn	S	P
				не более	
СЧ 20	3,3-3,5	1,4-2 4	0 7-1 0	0 15	0 20

Т а б л и ц а 24 2 2 - Механические свойства (по ГОСТ 1412 85*)

Марка чугуна	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Твердость, НВ (справочное)
СЧ 20	200 (20)	143 255
* Остальные технические требования по ОСТ 24 207 09-90		

Т а б л и ц а 24 2 3 - Ориентировочные данные о временном сопротивлении при растяжении и твердость в стенках отливки различного сечения

Характеристика	Толщина стенки отливки мм						
	4	8	15	30	50	80	150
Временное сопротивление при растяжении МПа, не менее	270	220	200	160	140	130	120
Твердость НВ не более	255	240	230	216	170	163	143

Т а б л и ц а 24 2 4 - Механические свойства* [2]

При растяжении			При сжатии				
E 10^3, МПа	δ, %	$\sigma_{1р}$, МПа	σc, МПа	E 10^3, МПа	μ	ψ, %	$\sigma_{-1с}$, МПа
85-125	0,4-0,65	90-155	850 1000	93-130	0,28-0,29	15-30	120-145

Окончание таблицы 24 2 4

При кручении		При срезе		При изгибе		φ**, %, при вибрации с нагрузкой равной 1/3 $\sigma_{0,2}$	ан, кДж/м^2
$\tau_в$, МПа	τ , МПа	$\tau_в$, МПа	G 10^3, МПа	σ_{-1}, МПа	σи, МПа		
280-360	100-120	100-120	250-355	45-54	400-500	23-30	80-100

* Справочные данные

** Циклическая вязкость характеризующая скорость затухания вибраций, т е чувствительность к надрезам

Т а б л и ц а 24 2 5 – Физические свойства

Температура t °C	Коэффициент линейного расширения α 10^6 мм/мм град	Плотность, кг/м^3
20-200	9,5	7100

Т а б л и ц а 24 2 6 – Технологические свойства

Линейная усадка, %	1,1
Обрабатываемость резанием	Хорошая
Режим отжига для снятия напряжений и обеспечения стабильности размеров корпуса и пробки	Посадка в печь при температуре до 300 °С Нагрев печи до 500 550 °С, выдержка 2 ч, Охлаждение с печью со скоростью от 3 до 50 °С в час до температуры 150-200 °С, далее – на воздухе

25 Чугун ковкий

25 1 Чугун марок КЧ 30-6-Ф, КЧ 33-8-Ф

Таблица 25 1 1 - Химический состав (по ГОСТ 1275-79) (справочное)

В процентах

Марка чугуна	Способ выплавки	C	Si	Массовая доля C и Si	Mn	S	P	Cr
КЧ 30-6-Ф	Вагранка	2,6-2,9	1,0-1,6	3,7-4,2	0,4-0,6	0,18	0,20	0,08
КЧ 33-8-Ф		2,5-2,8	1,1-1,3	3,6-4,0	0,3-0,6	0,12	0,20	0,06

Таблица 25 1 2 - Механические свойства (по ГОСТ 1215-79*)

Марка чугуна	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	δ, %	Твердость, НВ
	не менее		
КЧ 33-6	294 (30)	6	100-163
КЧ 33-8	323 (33)	8	
* Остальные технические требования по ОСТ 24 207 01-90			

Таблица 25 1 3 - Механические свойства в зависимости от температуры [4]

Температура испытания t, °С	КЧ 30-6					КЧ 33-8	
	Обработанные образцы				Литые образцы	Обработанные образцы	
	$\sigma_в$ кгс/мм^2	$\sigma_т$, кгс/мм^2	δ, %	ан, кгс м/см^2	$\sigma_т$, кгс/мм^2	$\sigma_т$, кгс/мм^2	ан, кгс м/см^2
20	25,8	18,8	5,9	-	-	-	-
100	-	-	-	-	19	21,0	-
300	-	-	-	-	17	19,5	-
350	23,6	15,5	4,7	-	-	-	-
425	20,3	14,9	4,7	-	-	-	-
500	12,8	11,1	4,6	-	13,3	15,5	-
- 20	-	-	-	0,7	-	-	0,7
- 40	-	-	-	0,5	-	-	0,6
- 50	-	-	-	0,5	-	-	0,5

Таблица 25 1 4 - Механические свойства ферритного чугуна при повышенных температурах t, °С [3]

Характеристика	Температура t, °С		
	25	205	425
$\sigma_в$ кгс/мм^2	34,0	12,7	31,5
$\sigma_р$, кгс/мм^2	12,7	9,7	8,2
δ, %	14,6	8,2	10,0

Таблица 25 1 5 - Ударная вязкость ферритного чугуна при различных температурах (образцы литые с надрезом) [3]

Температура t, °С	- 100	- 80	- 60	- 40	- 20	0	20	60	100
ан, кгс м/см^2	0,30	0,42	0,50	0,73	0,95	1,30	1,63	1,78	1,64

Таблица 25 1 6 - Длительная прочность и ползучесть ферритного чугуна [4]

Кратковременные испытания		Длительные испытания ($\sigma_{д п}$)		Скорость и предел ползучести при 425 °С		
$\sigma_в$, кгс/мм^2		σ_{4000}, кгс/мм^2		Напряжение при испытании $\sigma_в$ кгс/мм^2	Скорость ползучести, %/ч 10^5	σпол, кгс/мм^2, при скорости деформации $1\ 10^{-6}$
425 °С	500 °С	425 °С	500 °С			
20,3	12,8	11,7	7,4	8,00	8,70	5,6
				6,50	2,61	

Таблица 25 1 7 - Свойства чугуна, не предусмотренные ГОСТ 1215-79 [2]

Марка чугуна	При растяжении			При сжатии		
	$E\ 10^3$, МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_{-1}, МПа	σ_c, МПа	μ	ψ, %
КЧ 30-6	155	190	70	90-120	0,23	10-18
КЧ 33-8	160	210	80		0,23	

Окончание таблицы 25 1 7

Марка чугуна	При кручении		При срезе		При изгибе		φ**, %, при вибрации с нагрузкой, равной 1/3 $\sigma_{0,2}$	$a_н$, кДж/м^2
	$\tau_в$, МПа	τ_{-1}, МПа	$\tau_{вср}$, МПа	$G\ 10^3$, МПа	σ_{-1}, МПа	$\sigma_и$, МПа		
КЧ 30-6	340	110	270	63	120	310	13-15	120
КЧ 33-8	345	120	290	64	130	330		130
* Циклическая вязкость, характеризующая скорость затухания вибраций, т е чувствительность к надрезам								

Таблица 25 1 8 – Физические свойства

Плотность, г/см^3	7,2
Линейная усадка белого чугуна, %	1,5-1,6
Коэффициент линейного расширения α, мм/мм град, при температуре 20-200 °С	10,3-10,5

Таблица 25 1 9 – Упругие свойства [5]

Свойства	КЧ 30-6	КЧ 33-8
$E\ 10^{10}$, Н/м^2	15,20	15,70
$G\ 10^{10}$, Н/м^2	6,18	6,28
μ	0,23	0,25

Таблица 25 1 10 – Изменение модуля нормальной упругости [2]

Марка чугуна	$E\ 10^{-4}$, МПа					
	20	200	350	400	450	500
КЧ 35-10	16,6	14,4	12,6	11,7	11,1	10,2

Таблица 25 1 11 – Скорость резания при точении [4]

При обдирке, м/мин	60-90
При чистовой обработке, м/мин	90-130

26 Чугун высокопрочный

26 1 Чугун марок ВЧ 35, ВЧ 40, ВЧ 45

Таблица 26 1 1 - Химический состав (по ГОСТ 7293-85) (справочное)

В процентах

Марка чугуна	Углерод			Кремний			Mn	P	S	Cr
	Толщина стенки, мм									
	До 50	Св 50 до 100	Св 100	До 50	Св 50 до 100	Св 100	не более			
ВЧ 35-Ф	-	-	-	-	1,3-1,7	0,8-1,5	0,2-0,6	0,1	0,2	0,5
ВЧ 40-Ф	3,3-3,8	3,0-3,5	2,7-3,2	1,9-2,9	1,2-1,7	0,5-1,5				
ВЧ 45-Ф-П	-	-	-	-	1,3-1,7		0,3-0,7			0,1

Таблица 26 1 2 - Механические свойства (по ГОСТ 7293-85)

Марка чугуна	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_{0\,2}$, МПа (кгс/мм^2)	δ, %	KCV, Дж/см^2 (средняя)		KCV, Дж/см^2		Твердость, НВ
				20 °С	- 40 °С	20 °С	- 40 °С	
	не менее							
ВЧ 35	350 (35)	220 (22)	22	21	15	17	11	140-170
ВЧ 40	400 (40)	250 (25)	15	-	-	-	-	140-202
ВЧ 45	450 (45)	310 (31)	10	-	-	-	-	140-225

Таблица 26 1 3 - Изменение механических свойств в зависимости от толщины стенки отливки [3]

Механические свойства (не менее)	Толщина стенки отливки, мм				
	25	50	100	150	200
$\sigma_в$ кгс/мм^2	52,4	50,4	35,7	31,7	28,8
$\sigma_т$ кгс/мм^2	37,0	36,6	28,1	26,5	22,0

Таблица 26 1 4 - Механические свойства ВЧ 45 при повышенных температурах [1]

Температура испытаний t, °С	Кратковременные испытания		Длительная прочность $\sigma_{д\,п}$, кгс/мм^2			Предел ползучести (кгс/мм^2) при скорости ползучести за 1000 ч	
	$\sigma_в$ кгс/мм^2	$\sigma_т$, кгс/мм^2	1000 ч	10 000 ч	100 000 ч	0,1 %/ч	0,01 %/ч
20	45,9	32,3	-	-	-	-	-
370	39,1	24,8	25,3	21,0	16,80	17,6	13,3
426	34,1	24,0	16,1	11,9	8,70	8,9	6,1
482	28,1	20,4	9,1	6,4	4,50	4,2	2,7
537	20,7	16,8	4,9	3,4	2,35	1,9	1,3

Таблица 26 1 5 - Механические свойства ВЧ 40 и ВЧ 45 при отрицательных температурах по ОСТ 24 207 01-90

Температура испытаний t, °С	Механические свойства			
	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_{0\,2}$, МПа (кгс/мм^2)	δ, %	КС*, Дж/см^2
- 50	400	300	10	50
- 60	420	320	10	30
* Образцы без надреза				

Таблица 26 1 6 - Ориентировочные значения ударной вязкости ВЧШГ при температуре 20 °С [1]

Вид образца	Ударная вязкость, Дж/см^2		
	ВЧ 35	ВЧ 40	ВЧ 45
Без надреза	80-150	50-100	30-80
С надрезом	17-25	14-18	10-15

Таблица 26 1 7 - Механические свойства ВЧШГ, не предусмотренные ГОСТ 7293-85 [2]

Чугун	При растяжении		При сжатии			При кручении	
	$E\ 10^{-3}$, МПа	σ_{-1}, МПа	σ_c, МПа	μ	ψ, %	$\tau_в$, МПа	τ_{-1}, МПа
Ферритный	165-175	120-150	1000-1400	0,28-0,29	12-20	400-460	130-160
Перлитный	175-185	160-200	1500-2000	0,28-0 29	4-8	500-780	180-230

Окончание таблицы 26 1 7

Чугун	При срезе		При изгибе		φ, %, при вибрации с нагрузкой равной 1/3 $\sigma_{0\,2}$
	$\tau_в$, МПа	$G\cdot10^3$, МПа	σ_{-1}, МПа	$\sigma_и$, МПа	
Ферритный	320-400	65-75	235-258	750-900	10-14
Перлитный	400-550	75-80	-	850-1200	8-10

Таблица 26 1 8 - Условный предел текучести ВЧШГ при повышенных температурах [7]

Марка чугуна	$\sigma_{0\,2}$, МПа, при t, °С					
	100	150	200	250	300	350
ВЧ 40, ВЧ 45	220	210	200	190	180	160

Таблица 26 1 9 - Механические свойства ВЧШГ при температуре 20 °С (справочное) [3]

Марка	$\sigma_в$, кгс/мм^2	$\sigma_т$, кгс/мм^2	δ, %	ан, кгс м/см^2	Твер-дость, НВ	$\sigma_{сж}$, кгс/мм^2	$\sigma_{изг}$, кгс/мм^2	f_{300}, мм	E, кгс/мм^2
ВЧ 45-5	45-55	32-42	5,0-10,0	2,5-8,0	173-207	180-200	65-75	6-8	13 000
ВЧ 40-10	40-55	30-40	10,0-20,0	5,0-7,0	156-179	200-220	60-70	20-30	16 000

Таблица 26 1 10 - Предел выносливости ВЧШГ при 5 10^6 циклов [1]

Вид нагрузки	Вид образца*	Коэффициент формы	Предел выносливости σ_R, МПа	
			ферритный	перлитный
Знакопеременный изгиб (рабочая частота 25 $С^{-1}$)	1	1,0	235-290	280-310
	2	2,4	135-150	150-155
Изгиб при пульсирующей нагрузке (рабочая частота 50 $С^{-1}$)	1	1,0	205-210	230-235
	2	2,4	90-95	105-110
Знакопеременное кручение (рабочая частота 25 $С^{-1}$)	1	1 0	190-200	230-290
	2	3,0	140-145	135-160
Знакопеременный изгиб (рабочая частота 50 $С^{-1}$)	1	1,0	135-155	165-205
	2	4,1	90-95	85-100
* 1 – образец без надреза, 2 – образец с надрезом				

Таблица 26 1 11 - Свободная и затрудненная линейная усадка ВЧШГ [1]

Материал	Свободная линейная усадка, %					Линейная усадка при литье в жесткую форму (кокиль), %
	Предусадочное расширение	Доперлитная усадка	Расширение при перлитном превращении	Послеперлитная усадка	Общая усадка	
ВЧШГ	0,4-0,9	0,3-0,6	0,0-0,1	0,9-1,1	0,5-1,2	0,7-1,0

Таблица 26 1 12 - Линейная усадка в зависимости от термической обработки и толщины стенок отливки [1]

Толщина стенки, мм	Литейная форма	Величина линейной усадки, %		
		Литая структура	Структура после термообработки	
			перлитная	ферритная
10	сухая	1,2	0,8	0,6
	сырая	0,8	0,6	0,2
25	сухая	1,0	0,7	0,6
	сырая	0,6	0,3	0,1
50	сухая	0,9	0,7	0,2
	сырая	0,6	0,3	0,0

Таблица 26 1 13 - Физические свойства ВЧШГ [1]

Свойства	Структура	
	ферритная	перлитная
Плотность ρ, г/см^3	7,1-7,2	7,00-7,35
Коэффициент термического расширения α, 1/°С	(11,5-12,5) 10^{-6}	(9,0-11,0) 10^{-6}
Коэффициет теплопроводности λ, кал/(с см^2 °С)	0,09-0,11	0,07-0,10
Удельная теплоемкость при температуре 20-100 °С С, кал/(г °С)	0,11-0,12	0,12-0,14
Удельная теплоемкость при температуре 20-1000 °С С, кал/(г·°С)	0,14-0,15	0,15-0,16
Удельное электросопротивление Ω, мкОм см	40-50	55-75
Магнитная индукция, Вг, Гс	(3,5-5,0) 10^3	(5,5-7,5) 10^3
Магнитная проницаемость μmax, Гс/э	(10-20) 10^2	(3,0-10,0) 10^2
Коэрцитивная сили при температуре 20-100 °С , Н, э	1,5-3,5	4,0-11,0

Таблица 26 1 14 - Изменение механических свойств ВЧШГ при повышенных температурах [2]

ВЧШГ	Механические свойства	Температура испытания t, °С				
		20	200	350	425	500
Ферритный	$\sigma_в$, МПа	432,00	-	-	351,0	223,0
	δ, %	15,80	-	-	14,6	15,2
Перлитный	$\sigma_в$, МПа	585,00	-	-	567,0	362,5
	δ, %	1,20	-	-	7,2	11,1
	E 10^{-4}, МПа	17,74	17,05	16,27	15,97*	15,29
* Температура испытаний 400 °С						

Таблица 26 1 15 - Коррозионная стойкость ВЧШГ в атмосфере [1]

Механические свойства	Коррозионная стойкость (мг/дм^2 в сутки)*		
	Условно-чистая	Морская	Промышленная
ВЧШГ-Ф литой	9,0 (1,0)	18,8 (5,1)	12,9 (1,2)
ВЧШГ-Ф обработанный	5,6 (1,8)	7,3 (2,2)	8,8 (1,0)
ВЧШГ-П литой	6,2 (1,4)	11,3 (2,0)	12,4 (4,0)
ВЧШГ-П обработанный	5,0 (0,9)	6,8 (2,2)	7,0 (0,9)
Сталь, прокат литой	9,7 (3,0)	24,4 (21,7)	17,6 (3,8)
* Без скобок указано среднее значение за первый год, в скобках – за три года			

Таблица 26 1 16 - Физические свойства

Температура t, °С	Коэффициент линейного расширения $\alpha 10^6$, мм/мм град
20-100	11,26
20-200	11,56
20-300	11,07

Таблица 26 1 17 – Технологические свойства

Температура плавления $t_{пл}$, °С	1136
Обрабатываемость резанием	Хорошая
Автогенная резка	Допускается
Возможность регулирования структуры и свойств	Структуру и свойства групп при необходимости можно в значительных пределах регулировать термической обработкой
Заварка дефектов	Разработана технология заварки дефектов, обеспечивающая получение швов, равнопрочных основному металлу
Применение при низких температурах	Разработана технология литья, позволяющая применять ВЧ 40 и ВЧ 45 при температурах до – 60 °С

26 2 Чугун марок ВЧ 50, ВЧ 60

Таблица 26 2 1 - Химический состав (по ГОСТ 7293-85) (справочное)

В процентах

Марка чугуна	Углерод			Кремний			Mn	P	S	Cr	Cu	Ni
	Толщина стенки, мм											
	До 50	Св 50 до 100	Св 100	До 50	Св 50 до 100	Св 100	не более					
ВЧ 50	3,2-3,7	3,0-3,3	2,7-3,2	1,9-2,9	2,2-2,6	0,8-1,5	0,3-0,7	0,1	0,02	0,15	-	-
ВЧ 60	3,2-3,6		-	2,4-2,6	2,4-2,8	-	0,4-0,7				0,3	0,4

Таблица 26 2 2 - Механические свойства (по ГОСТ 7293-85)

Марка чугуна	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	$\sigma_{0\,2}$, МПа (кгс/мм^2)	δ, %	KCV, Дж/см^2 (средняя)		KCV, Дж/см^2		Твердость, НВ
				20 °С	- 40 °С	20 °С	- 40 °С	
	не менее							
ВЧ 50	500 (50)	320 (32)	7	-	-	-	-	153-245
ВЧ 60	600 (60)	370 (37)	3	-	-	-	-	192-277

27 Чугун коррозионностойкий и жаропрочный

27 1 Чугун марок ЧН19Х3Ш, ЧН15Д3Ш, ЧН15Д7, ЧН17Д3Х2, ЧН5Г8

Таблица 27 1 1 - Химический состав

В процентах

Марка чугуна	Стандарт	C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	S	P
								не более	
ЧН19Х3Ш	ГОСТ 7769-82	2,3-3,0	1,8-2,5	1,0-1,6	1,5-3,0	14,0-16,0	3,0-3,5	0,03	0,10
ЧН15Д3Ш		2,5-3,0	1,4-3,0	1,3-1,8	0,6-1,0	14,0-16,0	3,0-3,5	0,03	0,08
ЧН15Д7		2,2-3,0	2,0-2,5	0,5-1,6	1,5-3,0	14,0-16,0	5,0-8,0	0,10	0,30
ЧН17Д3Х2 (ЖЧ-1)	ОСТ 24 207 01-90	2,5-3,0	1,5-2,5	0,5-1,2	1,5-2,5	16,0-18,0	2,5-3,5	0,08	0,30
ЧН5Г8 (ГН 8-5)		3,0-3,5	2,5-3,5	8,0-9,0	не более 1,0	3,0-6,0	не более 1,0	0,08	0,20

Таблица 27 1 2 - Механические свойства (по ГОСТ 7769-82 и ОСТ 24 207 01-90)

Марка чугуна	Термообработка	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2) при растяжении	δ, %	$\sigma_{изг}$, МПа (кгс/мм^2)	Стрела прогиба f_{300}	Твердость, НВ, МПа (кгс/мм^2)
		не менее				
ЧН19Х3Ш	Нормализация и низкий отпуск	340	4	-	-	1200-2500
ЧН15Д3Ш		340	4	-	-	1200-2500
ЧН17Д3Х2(ЭКЧ 4-1)	-	150 (15)	-	320 (32)	3	1200-1700 (120-170)
ЧН5Г8 (ГН 8-5)	Отжиг	150 (15)	1,5	-	-	1600-2300 (160-230)
Примечание - Ударная вязкость чугуна ЧН15Д3Ш KCV>1,5 кгс м/см^2						

Таблица 27 1 3 - Изменение механических свойств чугуна ЧН19Х3Ш в зависимости от температуры [3]

Механические свойства	Температура t, °С					
	20	550	600	650	700	750
$\sigma_в$ кгс/мм^2	46,0	28,0	26,0	24,0	23,0	17,0
KCV, кгс м/см^2	2,5	2,8	2,4	-	2,4	-

Таблица 27 1 4 - Механические свойства и модуль упругости чугуна ЧН19Х3Ш при температуре 600 °С (ГОСТ 7769-82)

$\sigma_в$ МПа	$\sigma_т$ МПа	δ, %	KCU, Дж/см^2	E, МПа
250	180	2	2	11 10^4

Таблица 27 1 5 - Длительная прочность и скорость ползучести чугуна ЧН19Х3Ш при температуре 600 °С (ГОСТ 7769-82)

Длительная прочность		Скорость ползучести, %/ч, при напряжении 40 МПа
σ, МПа	τ до разрушения, ч	
120	1000	1 10^{-4} (600 °С)
		2 10^{-4} (700 °С)*
*Скорость ползучести при напряжении 30 МПа		

Таблица 27 1 6 - Физические свойства [45]

Температура t, °С	Коэффициент линейного расширения α	Плотность, г/см^3	Модуль нормальной упругости E, кгс/мм^2 (при 20 °С)	Магнитная проницаемость μ, Гс/э
20-600	18 10^{-6}	7,5-7,7	16 000	1,05

Таблица 27.17 – Технологические свойства [46]

Температура плавления $t_{пл}$, °С	1300
Линейная усадка, %	1,3-2,0
Обрабатываемость резанием	Хорошая
	По сравнению с серым чугуном требуется понижение скорости резания из-за склонности к поверхностному наклепу
	Большая глубина резания улучшает обрабатываемость
Полируемость обработанных поверхностей отливок	Хорошая
Притираемость обработанных поверхностей отливок	Удовлетворительная
Оптимальная температура модифицирования, °С, чугуна ЧН15ДХШ	1560
Оптимальная температура разливки, °С, чугуна ЧН15ДХШ (при этом обеспечивается высокая плотность отливок)	1530
Заварка дефектов отливок	Допускается
Остальные технические требования к отливкам	По ОСТ 24 207 01-90

28 Чугун антифрикционный

28.1 Чугун антифрикционный марки АЧС-1

Таблица 28 1 1 - Химический состав и твердость (по ГОСТ 1585-85)

В процентах

C	Si	Mn	Cr	Cu	P	S не более	Твердость, НВ
3,2-3,6	1,3-2,0	0,6-1,2	0,2-0,5	0,8-1,6	0,15-0,40	0,12	180-241

Таблица 28 1 2 – Технологические свойства

Соответствует свойствам перлитного чугуна для заданного интервала твердости

29 Физические свойства конструкционных материалов, принятые в атомной энергетике

Таблица 29.1 - Температурный коэффициент линейного расширения конструкционных материалов в зависимости от температуры α^t, мкК$^{-1}$

Группа стали и сплава	Марка стали и сплава	Температура t, К (С)											
		323 (50)	373 (100)	423 (150)	473 (200)	523 (250)	573 (300)	623 (350)	673 (400)	723 (450)	773 (500)	823 (550)	873 (600)
I	Ст3сп, Ст3пс, 15Л, 20, 20Л, 25Л, 35, 35Л, 40, 20Х, 40Х, 12ХМ, 15ХМ, 20ХМЛ, 20ХЛ, 30ХМА, 35ХМ, 12Х1МФ, 25Х1МФ, 09Г2С, 38ХН3МФА, 20Х1М1Ф1БР	11,5	11,9	12,2	12,5	12,8	13,1	13,4	13,6	13,8	14,0	14,2	14,4
II	20Х13, 20Х13Л, 30Х13, 14Х17Н2, 07Х16Н4Б	10,0	10,3	10,6	10,8	11,0	11,2	11,4	11,5	11,7	11,8	11,9	12,0
III	09Х18Н9, 10Х18Н9, 12Х19Н9, 08Х18Н10Т, 12Х18Н9Т, 12Х18Н10Т, 12Х18Н9ТЛ, 10Х17Н13М2Т, 10Х17Н13М3Т, 12Х18Н12М3ТЛ, ХН35ВТ, ХН35ВТ-ВД, 45Х14Н14В2М, 31Х19Н9МВБТ, 10Х11Н20Т3Р	16,4	16,6	16,8	17,0	17,2	17,4	17,6	17,8	18,0	18,2	18,4	18,5

Средние значения модуля нормальной упругости и коэффициента линейного расширения, принятые для расчетов в атомной энергетике (ПНАЭ Г-7-002-86)

Таблица 29.2 - Модуль нормальной упругости конструкционных материалов Е, ГПа (Е, 10^4 кгс/мм^2) в зависимости от температуры

Группа стали и сплава	Марка стали и сплава	Температура t, К (С)												
		293 (20)	323 (50)	373 (100)	423 (150)	473 (200)	523 (250)	573 (300)	623 (350)	673 (400)	723 (450)	773 (500)	823 (550)	873 (600)
I	Ст3сп, Ст3пс, 15Л, 20, 20Л, 25Л	200 (2,04)	197 (2,01)	195 (1,99)	192 (1,96)	190 (1,94)	185 (1,88)	180 (1,84)	175 (1,79)	170 (1,73)	165 (1,68)	160 (1,63)		
II	35, 40	210 (2,14)	207 (2,11)	205 (2,09)	200 (2,04)	195 (1,99)	190 (1,94)	185 (1,88)	180 (1,84)	175 (1,79)	167 (1,70)	160 (1,63)		
III	20Х, 12ХМ, 15ХМ, 20ХЛ, 20ХМЛ, 12Х1МФ, 09Г2С, 20Х1М1Ф1БР	210 (2,14)	207 (2,11)	205 (2,09)	202 (2,06)	200 (2,04)	197 (2,01)	195 (1,99)	190 (1,94)	185 (1,88)	180 (1,84)	175 (1 79)	170 (1,73)	165 (1,68)
IV	30ХМА, 35ХМ, 40Х, 25Х1МФ, 38ХН3МФА, 07Х16Н4Б	215 (2,19)	212 (2,16)	210 (2,14)	207 (2,11)	205 (2,09)	202 (2,06)	200 (2,04)	195 (1,99)	190 (1,94)	185 (1,88)	180 (1,84)	175 (1,79)	170 (1,73)
V	20Х13, 30Х13, 14Х17Н2	220 (2,24)	217 (2,21)	215 (2,19)	212 (2,16)	210 (2,14)	205 (2,09)	200 (2,04)	195 (1,99)	190 (1,94)	185 (1,88)	180 (1,84)	175 (1,79)	170 (1,73)
VI	09Х18Н9, 10Х18Н9, 12Х19Н9, 08Х18Н10Т, 12Х18Н9Т, 12Х18Н10Т, 12Х18Н9ТЛ, 12Х18Н12М3ТЛ, 10Х17Н13М2Т, 10Х17Н13М3Т, ХН35ВТ, ХН35ВТ-ВД, 31Х19Н9М3ВБТ	205 (2,09)	202 (2,06)	200 (2,04)	195 (1,99)	190 (1 94)	185 (1 88)	180 (1 84)	175 (1,79)	170 (1,73)	167 (1,99)	165 (1,68)	162 (1,65)	160 (1,63)

Библиография

[1] РД 37 002 0484-86 Эксплуатационные и технологические преимущества, области применения отливок из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом, НИИлитавтопром
[2] Справочник Конструкционные материалы Б Н.Арзамасов, 1990 г , Москва
[3] Справочник Материалы в машиностроении Т 4, Жуков А.А и Шерман А.Д , Москва, 1969 г
[4] Справочник литейщика, Н Н.Рубцова, Москва, 1961 г
[5] Справочник Физические свойства сталей и сплавов, применяемых в энергетике, Б Е Неймарк, Ленинград, 1967 г
[6] Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок, Москва, 1989 г
[7] Отчет ЦКБА.
[8] Марочник сталей и сплавов, Сорокина В Г , Москва, 1989 г
[9] Технология химического машиностроения ХМ-9, 1984 г , ЦНИИТМаш, Москва
[10] РТМ 26-04-42-73 Материалы для криогенной техники
[11] Справочник, т 1, т 2 Стали и сплавы для высоких температур, Масленников С Б , 1991 г
[12] Справочник Коррозионные стали и сплавы, Ульянин Е А , 1991 г
[13] ГОСТ 14249 89 Сосуды и аппараты Нормы и методы расчета на прочность
[14] РТМ 26-04-42-73 Материалы для криогенной техники «Криогенмаш» 1974 г
[15] Справочное руководство Конструкционные материалы в нефтяной и газовой промышленности, Гостоптехиздат 1962 г
[16] ОСТ 26-01-135-85 Поковки деталей сосудов аппаратов и трубопроводов высокого давления Общие технические требования, правила приемки, методы контроля
[17] Справочник Механические свойства стали при низких температурах, С.И.Гудков, Москва, 1967 г
[18] Справочник т 1 2 3 Свойства сталей и сплавов, применяемых в котлотурбостроении, ЦКТИ, Ленинград, 1966 г
[19] Марочник сталей и сплавов, «Машиностроение» Москва, 2003 г
[20] СТ ЦКБА 010-2004 Арматура трубопроводная Поковки, штамповки и заготовки из проката Технические требования НПФ ЦКБА, Санкт-Петербург
[21] Отчет по теме № 3032 Исследование свойств экономнолегированных никелем сталей Х18Н14Г4ТЛ, 14Х17Н2, ЭИ811 для изготовления деталей арматуры, ЦКБА, Ленинград
[22] Марочник сталей и сплавов, ЦНИИТМаш, Москва 1971 г
[23] Паспорт № 11-63 на сталь марки 1Х16Н4Б (ЭП56), Ленинград
[24] Паспорт на высокопрочную коррозионностойкую сталь марки 07Х16Н4Б, ЦНИИКМ «Прометей», Ленинград
[25] Отчет по испытанию свойств стали марки ЭИ654 для изготовления арматуры, ЦКБА, Ленинград, 1958 г
[26] Журнал Химическое и нефтяное машиностроение, № 7, 1988 г
[27] Паспорт № 23-72 Сталь марки 25Х17Н2Б-Ш, Ленинград
[28] Справочник Стали и сплавы для криогенной техники, Ульяник Е А., Сорокина Н А , 1984 г
[29] РТМ 26-04-42-87, РТМ 26-04-43-87 Стали и сплавы для криогенной техники, ВНПО «Криогенмаш», 1987 г
[30] Справочные данные по применению жаропрочных сталей и сплавов для деталей арматуры, ЦКБА, Ленинград, 1963 г
[31] ГОСТ 20700-75 Шпильки, болты, гайки и шайбы для фланцевых соединений с температурой среды от 0 до 650 °С
[32] Жаропрочные стали и сплавы Химушин Ф Ф , 1969 г
[33] Паспорт № 7-62 на сталь Х32Н8 (ЭП63), ЦНИИМ, 1962 г

[34] Справочник по металлическим материалам турбино и моторостроения Михайлов Михеев П Б , Ленинград 1961 г
[35] Протокол технического совещания по вопросу применения стали ЭИ702 для эксплуатации при глубоком охлаждении 10 02 72 г
[36] Справочник Прецизионные сплавы, Молотилов Б В , Москва, 1974 г
[37] Информационный листок ХМ 9 Обзорная информация Сплавы на никелевой основе и их применение в химическом машиностроении, Москва, 1973 г
[38] ОСТ 26-01 858 88 Сосуды и аппараты сварные из коррозионностойких сплавов на основе никеля, НИИХиммаш Москва
[39] Инструкция по обработке резанием давлением сварке и термической обработке сплавов на никельхромомолибденового Х15Н65МВ (ЭП567) и никельмолибденового Н70М27Ф (ЭП496), № 9 70, НИИХиммаш Москва 1972 г
[40] РТМ 26 04 39 73 – РТМ 26-04 43 73 Материалы металлические для криогенной техники
[41] ОСТ 26 01-135 81 Поковки деталей сосудов, ИркутскНИИХимаш
[42] Справочник Конструкционные стали Приданцев М В 1980 г
[43] Рекомендации ВНИИНфтемаша, письмо № 162/10 26-7-1085 от 2 03 84 г
[44] Отчет по исследованию свойств новой кислотостойкой стали марки Х18Н4Г4 (18 4-4), 1952 г
[45] Легированное чугунное литье Грегин В П Оборонгиз 1952 г
[46] Шапиро З Б Кислотоупорный высокопрочный чугун с шаровидным графитом 1958 г (научно техническая информация № М580447/18)
[47] РМО 536-56 «Руководящий материал министерства Цветные металлы на медной основе» Справочное руководство, ч I и ч II 1956 г
[48] ОСТ 5 9046-71 Отраслевой стандарт Поковки, прутки из медных и никелевых сплавов для судостроения
[49] Справочник Механические свойства промышленных цветных металлов при низких температурах, С И Гудков Москва, 1971 г
[50] ЦКБА Отчет по теме 16 64/66 Исследование механических свойств и ударной вязкости бронз упрочняемых термообработкой при температурах глубокого охлаждения, 1965 г
[51] Справочник Промышленные цветные металлы и сплавы Смирягин А П
[52] ОН9 118-68 Металлы цветные и сплавы применяемые в судостроении
[53] ОН 26-07-78 69 Отраслевая нормаль Металлы применяемые в арматуростроении, ЦКБА, 1969 г
[54] Марочник черных и цветных металлов для изделий, работающих при низких температурах Машиностроительный завод имени «40 лет Октября» г Балашиха 1964 г
[55] РМО 1396 64 Руководящий материал Госкомитета Металлы повышенной стойкости при низких температурах (196 С), 1964 г
[56] ГОСТ 26158-84 Сосуды и аппараты из цветных металлов Нормы и методы расчета на прочность Общие требования
[57] ОСТ 26 01 1183 82 Сосуды и аппараты алюминиевые Общие технические требования
[58] ВНИИКриогенмаш Материалы металлические для стационарной криогенной техники Физико механические свойства и параметры применения, 1972 г
[59] РТМА 90 70 Руководящий технический материал Применение титановых сплавов для трубопроводной арматуры, ЦКБА, 1970 г
[60] Применение титана в народном хозяйстве Под редакцией Туманова Киев 1975 г
[61] ОСТ 26 01 279 78 Сосуды и аппараты из титана Нормы и методы расчета на проность
[62] ОСТ 26 01-1298 81 Фланцы сосудов и аппаратов из титана Типы, конструкция и размеры Метод расчета на прочность и герметичность
[63] Титан (вопросы применения) Всесоюзный научно исследовательский и проектный институт титана г Запорожье, 1970 г

[63] Титан (вопросы применения) Всесоюзный научно-исследовательский и проектный институт титана г Запорожье 1970 г
[64] ЦКБА Отчет по исследованию свойств сплавов на основе цинка 1960 г
[65] Справочник по арматуре тепловых электростанций под редакцией М И Имбрицкого
[66] ЦКБА Отчет по исследованию возможности замены латуней сплавами на основе алюминия при изготовлении литых деталей арматуры 1960 г
[67] ЦНИИТМаш Паспорт № ЦЭ 10-66 на электроды марки ЦН 12М-67
[68] ЦНИИТМаш Паспорт на электроды марки ЦН-12 (от 20 09 65)
[69] ЦКБА Отчет по теме № 430 180 62 Исследование свойств наплавок и сварных со единений из новых материалов применяемых в арматуростроении 1962 г
[70] Гринберг Н А Свойства наплавочных материалов «Металловедение и термообработка» № 8, 1972 г
[71] Реферативная информация № 3-72-22 Энергетическое оборудование, 1972 г
[72] Рочек Я Лебль К (Прага) Материалы, применяемые для уплотнений, и материалы уплотнительных поверхностей в корпусах арматуры, работающеи при высоких температурах Доклад на конференции конструкторов Главпромарматуры, 1961 г
[73] Инструкция 25010 00075 Выплавка чугуна с шаровидным графитом ЛПОА «Знамя труда» Ленинград, 1993 г
[74] Справочник Ключ сталей Изготовление и поставка Ц В Вегст, Москва, 1998 г
[75] ОСТ 108 030 113-87 Поковки из углеродистой и легированной стали для оборудования и трубопроводов тепловых и атомных станций Технические условия
[76] РС 413 57 Конструирование термически обработанных деталей Выбор марки стали и геометрической формы
[77] ТУ 26 0303-1532 84 Поковки из стали 20ЮЧ Технические условия
[78] ТУ У 27 3 00218325-024 2006 Поковки из высоколегированной коррозионностойкой стали 02Х25Н22АМ2 (ЧС 108) Технические условия
[79] **ТУ У 27 1-21871578 002 2008** Отливки из стали 15ГСЛ для трубопроводной арма туры Технические условия
[80] ТУ У 27 1-00218325 023 2006 Отливки трубопроводной арматуры из высоколегиро ванной коррозионностойкой стали 02Х25Н22АМ2 (ЧС 108) Технические условия
[81] ТУ У 27 1-00218325 029 2007 Отливки трубопроводной арматуры из высоколегиро ванной коррозионностойкой стали 03Х17Н14М3Л (ЧС 108) Технические условия
[82] ТУ У 27 1 00218325 030 2008 Литые детали трубопроводной арматуры из высоколегированной коррозионностойкой стали 06ХН28МДТ (ЭИ 943) Технические условия
[83] ОСТ 24 201 03-90 Сосуды и аппараты стальные высокого давления Общие технические требования

Лист регистрации изменений

Изм	Номера листов (страниц)			Всего листов (страниц) в докум	№ докум	Входящий № сопроводительного документа и дата	Подпись	Дата
	Измененных	Замененных	Новых					
1	–	-	-	315	Изм 1	Пр 3 от 03 02 06		01 07 2006
2	–	9,12,13, 15,24,59, 135, 176,177, 202,240, 243-246, 248,264, 290,291, 302,304, 314	52а, 269а, 281а, 307а	320	Изм 2	Пр 30 от 30 05 08		20 05 2008
3	–	34,5,7,225, 314	58а, 58б, 149а, 237а 237б, 237в 237г	327	Изм 3	Пр N 38 от 25 08 09		01 01 10
—	237а, 314	—	—	327	Поправка N1			27 04 11

Генеральный директор
ЗАО «НПФ «ЦКБА» Айриев В А.

Первый заместитель генерального
директора – директор по научной работе Тарасьев Ю И

Начальник отдела стандартизации Дунаевский С Н

Исполнители

Руководитель подразделения
разработчика Ольховская С Г

Ведущий специалист
го металловедению Снегур И З

Ведущий специалист
по сварке и наплавке Сергеева Г А

Инженер-коррозионист Новикова Т-Е

Согласовано
Председатель ТК 259 Власов М И

СОГЛАСОВАНО

ОАО «НИИХИММАШ»

Зам генерального директора

письмом №
7064-21-8/540 П А.Харин

«21» октября 2003 г

СОГЛАСОВАНО

ООО «ВНИИГАЗ»

Зам генерального директора

письмом №
58-4/4008 Ю В Илатовский

«03» октября 2003 г

СОГЛАСОВАНО

Госгортехнадзор России
письмом №
10-03/1367 С Н Мокроусов

«23» декабря 2003 г

СОГЛАСОВАНО

ОАО «ВНИИНЕФТЕМАШ»

Зам генерального директора

письмом №
30-25/1108 В А Емелькина.

«06» ноября 2003 г