

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ СЕМИНАР

**ВОПРОСЫ ВНЕДРЕНИЯ НОРМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И  
СТАНДАРТОВ ЕВРОПЕЙСКОГО СОЮЗА  
В ОБЛАСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА**

(г. Минск, БНТУ — 22–23.05.2013)

УДК 624.14

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТРОИТЕЛЬНЫХ  
КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ ПО СНиП И EN**

*ЖАБИНСКИЙ А.Н.*

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

В Республике Беларусь при проектировании стальных конструкций применяют строительные конструкционные стали по ГОСТ 27772, созданному в 1988 году. Этому документу был присвоен статус Межгосударственного стандарта. В соответствии с этим стандартом строительные стали обозначаются: С235, С245, С255, С285, С345, С375, где С – строительная сталь, а цифра – предел текучести в МПа наиболее тонкого листа проката. По способу раскисления стали подразделяются: С235 относится к кипящей (КП), С245 – к полуспокойной (ПС) и С255 – к спокойной (СП) сталям. Остальные стали – по способу раскисления относятся к спокойным. Раскисление стали осуществляется добавками кремния (Si) в ковш при разливке из печи. Механические характеристики сталей определяются: предел текучести и предел прочности на образцах по результатам испытаний на растяжение, ударная вязкость – испытаниями на удар образцов типа КСЧ. Чтобы исключить хрупкое разрушение при самой низкой температуре эксплуатации минимальное значение ударной вязкости для таких образцов при положительной «+20°С, 0°С» и отрицательной «–20°С, –40°С» тем-

пературе должны быть не менее  $29 \text{ Дж/см}^2$ . В соответствии со СНиП выбор стали для конструкции принимается в зависимости от условий эксплуатации здания или сооружения.

Европейский Стандарт к конструкционным сталям EN 10025 подготовлен Техническим комитетом ECISS/TC 10 (Европейский комитет по стандартизации железа и чугуна) “Конструкционные стали – Марки и качество”, одобрен CEN (Европейским комитетом по стандартизации) 1 апреля 2004 г. Европейскому стандарту присвоен статус Национального стандарта без каких-либо изменений для стран ЕС. Вступающие с ним в противоречие национальные стандарты стран CEN должны были быть убраны из обращения.

В данном документе определены восемь марок стали S185, S235, S275, S355, S450, E295, E335, E360. Они различаются по своим механическим свойствам. Символ S принят для конструкционной стали, символ E – для инженерной стали. Цифра обозначает – номинальное значение предела текучести  $f_y$  в МПа. Для проверки соответствия конструкции EN 1993 1-1 и достаточности пластичности к стали установлены следующие требования.

Для упругого расчета:

$f_u / f_y \geq 1,10$ ; удлинение разрыва не менее 15% (при длине образца  $5,65\sqrt{A_0}$ , где  $A_0$  – площадь поперечного сечения);  $\epsilon_u \geq 15 \epsilon_y$  ( $\epsilon_u$  – деформация предела прочности, а  $\epsilon_y$  – деформация предела текучести).

Для пластического расчета:

$f_u / f_y \geq 1,15$ ; удлинение разрыва не менее 15% (при длине образца  $5,65\sqrt{A_0}$ );  $\epsilon_u \geq 20 \epsilon_y$ .

Модуль упругости при расчете принят равным  $E = 210000 \text{ Н/мм}^2$ , что на 2% отличается от наших норм.

По качеству стали различаются в зависимости от заданных требований к работе удара (ударной вязкости). Марки стали S235 и S275 могут поставляться с качеством JR, J0 и J2. Марка S355 может поставляться с качеством JR, J0, J2 и K2. Марка S450 поставляется с качеством J0. Для всех сталей гарантируется значение ударной вязкости на образцах типа KCV, значение которого должно быть не менее  $27 \text{ Дж/см}^2$ , для JR – при  $t = +20^\circ \text{ C}$ ; J0 – при  $t = 0^\circ \text{ C}$ ; J2 – при  $t = -20^\circ \text{ C}$  и K2 – при  $t = -40^\circ \text{ C}$ .

Способы раскисления стали обозначаются следующим образом: FN – неуспокоенная (кипящая) сталь, которая не допускается; FF – полностью раскисленная сталь, содержащая азотосвязывающие элементы в количестве, достаточном для связывания присутствующего азота (например, 0,020 % общего алюминия минимум). Обычно в качестве руководства принимается минимальное соотношение алюминия к азоту 2:1, если не присутствуют другие азотосвязывающие элементы. Раскисление стали осуществляется добавками Al, Si, Mn, Ti.

Стали могут поставляться в катаном состоянии (+AR), это состояние поставки без проведения какой-либо специальной прокатки и/или термообработки. Нормализующая прокатка (+N), это такой процесс прокатки, при котором конечная деформация производится в определенном температурном диапазоне и в результате которого состояние материала эквивалентно состоянию, достигаемому после нормализации, с тем, чтобы заданные значения механических свойств сохранялись даже после нормализации. Термомеханическая прокатка (M), процесс прокатки, при котором конечная деформация производится в определенном температурном диапазоне и в результате которого материал приобретает такие свойства, которые не могут быть достигнуты или повторены только с помощью термообработки. Можно относить процессы, в которых используется охлаждение с повышенной скоростью, в том числе самоотпуск, но исключая прямую закалку и закалку и отпуск. Температурный режим очень важен, поскольку последующий нагрев свыше 580°C может снизить значение прочности. (В некоторых публикациях также используется аббревиатура TMCP (термомеханический контролируемый процесс).

Ниже приведен пример маркировки стали по стандарту EN:

Сталь EN 10025-2 – S355J0C+N (или +AR)

Обозначение включает:

- номер данного документа (EN 10025-2);
- название стали, символ S (для конструкционной стали);
- минимальное значение заданного предела текучести в МПа (1 МПа = 1 Н/мм<sup>2</sup>) для толщин ≤ 16 мм;
- обозначение качества стали относительно заданных значений работы удара (JR, J0, J2 и K2);



**Таблица 1. Химический состав стали и значение ударной вязкости**

Обозначение	Способ раскисления	С в % max для номинальной толщины продукции в мм			Si % max	Mn % max	P % max d	S % max d, e	Ni Xr % % max max f	Cu % max g	Работа удара (ударная вязкость)	
		≤ 16	> 16 ≤ 40	≥ 40								
По EN 10025-2 (FN – неустойчивая (кипящая) сталь не допускается); (FF—полностью раскисленная сталь)											KCV дж/см <sup>2</sup>	t °C
S235JR	FN	0,17	0,17	0,20	–	1,4	0,035	0,035	0,12 –	0,55	27	+20
S235J0	FN	0,17	0,17	0,17	–	1,4	0,030	0,030	0,12 –	0,55	27	0
S235J2	FF	0,17	0,17	0,17	–	1,4	0,025	0,025	--	0,55	27	-20
S355JR	FN	0,24	0,24	0,24	0,55	1,6	0,035	0,035	0,12 –	0,55	27	+20
S355J0	FN	0,20j	0,20k	0,22	0,55	1,6	0,030	0,030	0,12 –	0,55	27	0
S355J2	FF FF	0,20j	0,20k	0,22	0,55	1,6	0,025	0,025	--	0,55	27	-20
S355K2		0,20j	0,20k	0,22	0,55	1,6	0,025	0,025	--	0,55	40	-40
По ГОСТ 27772 (кп – кипящая сталь, допускается для 3 и 4 групп конструкций); (пмс – после механического старения)											KCU дж/см <sup>2</sup>	t0 C
C235	кп	0,22	0,22	0,22	< 0,05	< 0,6	0,04	0,05	≤0,3 ≤0,3	0,3	–	–
C245	пс	0,22	0,22	0,22	0,05–0,15	< 0,65	0,04	0,05	≤0,3 ≤0,3	0,3	29–пмс	-20
C255	сп	0,22	0,22	0,22	0,15–0,3	< 0,65	0,04	0,05	≤0,3 ≤0,3	0,3	29	-20
C345	(сп)	≤0,15	≤0,15	≤0,15	≤ 0,8	1,3–1,7	≤0,035	≤0,04	≤0,3 ≤ 0,3	≤0,3	29–пмс 34–пмс	+20..-20 -40

- символ С пригодность к отбортовке в холодном состоянии;
- указание «+N или +AR», если продукция заказывается и поставляется в состоянии нормализующей прокатки или в катаном состоянии.

Для данного примера указанная марка стали будет читаться: конструкционная сталь (S), заданный минимальный предел текучести 355 МПа при температуре окружающей среды равной 0°С, минимальная величина работы удара 27 Дж при  $t = 0^{\circ}\text{C}$  (J0), пригодность к отбортовке в холодном состоянии (С), состояние поставки после нормализующей прокатки (+N) (или в катаном состоянии (+AR)).

В таблице 1 приведена выборка химического состава и значение ударной вязкости стали из стандарта EN 10025–2 и ГОСТ 27772.

Анализ химического состава стали показывает, что по ГОСТ содержание С должно быть не более 0,22%, вредных примесей –  $S \leq 0,05\%$ ,  $P \leq 0,04\%$ , повышенное содержание Ni и Cr. Повышенное содержание S способствует явлению красноломкости в стали, P повышает хрупкость при понижении температуры, ухудшается свариваемость стали. Несвязанный азот способствует старению стали. Улучшение свойств сталей достигается термической обработкой – нормализацией.

По EN для стали S235 содержание С должно быть не более 0,17%, сталь более чистая по содержанию примесей –  $S \leq (0,035–0,025\%)$ ,  $P \leq (0,035–0,025\%)$  и N, качество стали выше и достигается повышением чистоты сталей по химическому составу, по содержанию ликваций и неметаллических включений, проведению нормализующей и термомеханической прокатки.

### **Заключение**

1. В СНиП (ГОСТ) и EN принята идентичная маркировка сталей – по пределу текучести (С235..., S235..., и т.д.).

2. По ГОСТ в зависимости от способа раскисления сталь С235 – кипящая (кп), С245 – полуспокойная (пс) и С255 – спокойная (сп). В ГОСТ принят более дифференцированный подход к прочностным характеристикам стали в зависимости от толщины, в СНиП в зависимости от условий эксплуатации все конструкции разделены на 4–е группы, в соответствии с которыми и назначается марка стали.

В EN по способу раскисления все стали делятся на неуспокоенные FN (кипящие) стали, которые не допускаются, и полностью раскисленные FF стали. Раскисление по EN обеспечивается более высоким содержанием Si, Mn, остаточного AL (0,2%), за счет этого – получается более мелкозернистая структура менее склонная к росту зерна, уменьшается содержание кислорода, повышается сопротивляемость хрупкому разрушению.

3. По химическому составу

По ГОСТ содержание С не более 0,22%, вредных примесей не должно превышать S – 0,05%, P – 0,04%, повышенное содержание Ni и Cr.

По EN – для стали S235 содержание С не более 0,17%, сталь более чистая по содержанию вредных примесей  $S \leq (0,035-0025\%)$ ,  $P \leq (0,035-0025\%)$ , N.

4. Испытание на ударную вязкость (удар), по ГОСТ используются образцы типа KCU, по EN приняты образцы типа KCV. Образцы KCV ближе соответствуют действительным концентраторам напряжений (трещины, подрезы).

5. Качество стали по EN выше и достигается повышением чистоты сталей по химическому составу, по содержанию ликваций и неметаллических включений, проведению нормализующей и термомеханической прокатки, в результате чего размельчается зерно, снимаются внутренние напряжения, повышается пластичность и прочность.

## ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП II 23–81\*. Стальные конструкции. Нормы проектирования.
2. ГОСТ 27772–88. Прокат для строительных конструкций. Общие технические условия.
3. EN 1993–1–1 Проектирование стальных конструкций. Общие правила и правила для зданий.
4. EN 10025–2. Часть 2. Технические условия поставки для нелегированных конструкционных сталей.