

Кафедра «Металлические и деревянные конструкции»  
курс «Металлические конструкции», 1 ч.

лекция № 6. «Коэффициенты для расчёта стальных  
конструкций»

Лектор ст. преподаватель кафедры «МиДК»  
Крайнов Андрей Викторович

# Корректирующие коэффициенты

При проектировании конструкции, проектировщик рассматривает эту конструкцию как элемент (или элементы) находящийся в предельном состоянии. Основные факторы (нагрузка, условие работы, свойства стали) учитывается отдельно. Проектировщик в расчётах вводит систему корректирующих коэффициентов надёжности:

- По нагрузке  $\gamma_f$ ;
- По материалу  $\gamma_m$ ;
- По степени ответственности  $\gamma_n$ .

Учитывая возможность одновременного действия нескольких временных нагрузок, в расчётах вводят коэффициент сочетаний  $\Psi$ . Коэффициентом условий работы  $\gamma_c$  корректируют особенность работы конструкций.

# Корректирующие коэффициенты

## Коэффициент надёжности по нагрузке $\gamma_f$ (повтор)

Коэффициент, учитывающий возможное отклонение нагрузок в неблагоприятную сторону от нормативного значения. Это отклонение может быть из-за возможного отступления от нормальной эксплуатации так и от природной изменчивости самой нагрузки. Например, для стали этот коэффициент равен 1,05. Для древесины и сборного железобетона - 1,1. Для монолитного железобетона и большинства утеплителей 1,2. Для стяжек или сыпучих утеплителей 1,3. Для ветровой и снеговой нагрузки коэффициент принимается от 1,2 до 1,6.

В ряде других стран (Франция, Германия, Испания) коэффициент надёжности для постоянных нагрузок принимается 1,35, а для временных 1,5.

# Корректирующие коэффициенты

## Коэффициент надёжности по назначению $\gamma_n$ .

В зависимости от назначения здания или сооружения была введена степень ответственности, которая характеризует экономические, социальные и экологические отказы. В проектировании эта степень учитывается коэффициентом надёжности по назначению  $\gamma_n$ . Классификация уровней даётся в п.5.1. ГОСТ 27751-88 "Надёжность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчёту".

Все здания и сооружения делятся на классы (уровни) ответственности:

# Корректирующие коэффициенты

**Класс I. Повышенный уровень ответственности.** Такой уровень присваивается к тем зданиям и сооружениям, отказы которых могут привести к достаточно тяжёлым экономическим, социальным и экологическим последствиям. К таким зданиям относятся объекты, попадающие под определение "особо опасные, технически сложные или уникальные объекты капитального строительства". Такие объекты описываются в ст.48.1 градостроительного кодекса РФ, например:

1. Объекты использования атомной энергии, включая ядерные установки, пункты хранения ядерных материалов и т.д.
2. Линии электропередачи с напряжением более 330 кВ. или подобные объекты.
3. Объекты космической инфраструктуры.
4. Аэропорты.
5. Метрополитены.
6. Крупные морские порты.
7. Тепловые электростанции мощностью более 150 мегаватт.
8. Производства, связанные с работой опасными веществами в количествах, превышающие предельные значения.
9. Канатные дороги, стадионы, аквапарки и т.д. и т.п.

# Корректирующие коэффициенты

Также к повышенному уровню ответственностью почти всегда относят сооружения, попадающие под определение "Уникальные объекты". К таким сооружениям относят те объекты, у которых есть хотя бы одна из следующих характеристик:

1. Высота более чем 100м.
2. Пролёт более чем 100 м.
3. Наличие консоли более 20м.
4. Заглубление подземной части более чем на 10м.
5. Наличие конструкций или конструктивных схем, в которых применяются нестандартные решения: физическая или геометрическая нелинейность.

# Корректирующие коэффициенты. Замечание к 1 классу

До 2010 г. для осуществления деятельности в области проектирования и строительства выдавались соответствующие разрешения – лицензии. С 2010 г. страна перешла на новый уровень, заменив лицензии допусками для производства определённого вида работ, выдачей которого контролируется общество проектировщиков или строителей (СРО). Такое общество состоит минимум 50 (150) организаций работающих по данному профилю и такое решение позволило уменьшить кол-во "случайных" организаций в сфере строительства. Возросшее количество аварий и их тяжесть их последствий привело к разделению проектных и строительных работ в 2012 г на три категории:

1. работы на объектах капитального строительства.
2. Работа на объектах капитального строительства особо опасных, технически сложных, уникальных ..... кроме объектов атомной промышленности.
3. Работа на объектах капитального строительства атомной промышленности особо опасных, технически сложных, уникальных ..... объектах.

На сегодня, с 1 июля 2017 г. допуски на определённый вид работ были отменены и предложен новый вид контроля качества выполняемых работ путём составления национального реестра специалистов в конкретной области и несущие персональную ответственность за свою деятельность (со стажем 10 лет).

# Корректирующие коэффициенты

**Класс II. Нормальный уровень ответственности.** Такой уровень ответственности принимается для большинства зданий и сооружений массового строительства, например: жилые, общественные, производственные здания.

**Класс III. Пониженный уровень ответственности.** Такой уровень принимается для объектов сезонного и вспомогательного назначения, например: киоски, парники, теплицы, павильоны (летние), склады и т.д.

В новых нормах проектирования введён новый класс ответственности **и**. К этому классу относят уникальные народнохозяйственные и социальные объекты.



# Корректирующие коэффициенты

## **Класс ответственности:**

**А** - основные несущие либо ограждающие с функциями несущих конструкции, достижение предельного состояния которых приводит к полной непригодности к эксплуатации.

**Б** - те же конструкции, но возможно затруднение нормальной эксплуатации.

**В** – вспомогательные несущие и ограждающие конструкции, достижение предельных состояний которых не приводит к нарушению требований, предъявляемых к другим конструкциям.

# Корректирующие коэффициенты

**Категории по вероятности усталого и хрупкого разрушения:**

**I** - конструкции и элементы, предельное состояние которых может быть достигнуто при непосредственном воздействии динамических нагрузок.

**II** – конструкции и элементы , предельное состояние которых может быть достигнуто при динамических воздействиях и одновременно при действии других неблагоприятных факторов (низкая температура, высокие напряжения и т.д.)

**III** - конструкции и элементы , предельное состояние которых влияние динамической нагрузки незначительно или отсутствует.

# Корректирующие коэффициенты

Класс ответственности в расчётах учитывается коэффициентом надёжности  $\gamma_n$ . В старых нормах (СНиП) этот коэффициент имел определённый диапазон для каждого класса ответственности и окончательное его значение принимал проектировщик. В новых нормах (СП), для избежания неточностей, коэффициент жёстко нормирован.

Класс ответственности	u	I	II	III
По СП	>1	1,0	0,95	0,9
По СНиП	-	1,0-1,2	0,95-1,0	0,8-0,95

# Корректирующие коэффициенты

## **Коэффициент надёжности по материалу $\gamma_n$**

Коэффициент, учитывающий вероятность попадания в конструкцию металла с худшими механическими характеристиками. При массовом выпуске огромного количества проката контроль осуществляется выборочным методом (обычно около 2%). При таком контроле неизбежно происходит пропуск проката с пониженными механическими характеристиками. Этот коэффициент принимается равным от 1,025 до 1,1 по таблице СП. Для сталей обычной прочности по ГОСТ 27772-88 коэффициент принимается равным 1,025, а для сталей повышенной прочности или для выпускаемых по ГОСТ 370-93 принимается 1,05.

# Корректирующие коэффициенты

Таблица «Коэффициент надёжности по материалу  $\gamma_n$ »

Государственный стандарт или технические условия на прокат и трубы	Коэффициент надёжности по материалу
ГОСТ 27772 (кроме сталей С590 и С590К) и другая нормативная документация, использующая процедуру контроля свойств проката по ГОСТ 27772	1,025
Для проката с пределом текучести свыше 380 Н/мм по ГОСТ 19281, для труб по ГОСТ 8731	1,100
Для остального проката и труб, соответствующих требованиям настоящих норм	1,050
Для проката и труб, поставляемых по зарубежной нормативной документации	1,100

# Корректирующие коэффициенты

## Коэффициент условий работы $\gamma_c$

Этот коэффициент учитывает многофакторность работы конструкций, такие как влияние коррозии, приближенный метод расчёта на динамические воздействия, неточность или упрощение расчётной схемы, незначительные дефекты и т.д. коэффициент меняется от 0,7 до 1,2. Обычно при неблагоприятных факторах коэффициент менее 1, при благоприятных - более 1.

Элементы конструкций (примеры)	Коэффициенты условий работы
1 Балки сплошного сечения и сжатые элементы ферм перекрытий под залами театров, клубов, кинотеатров, под трибунами, под помещениями магазинов, книгохранилищ и архивов и т.п. при временной нагрузке, не превышающей вес перекрытий	0,90
9 Опорные плиты из стали с пределом текучести до 390 Н/мм, несущие статическую нагрузку, толщиной, мм: а) до 40 б) " 40 до 60 в) " 60 " 80	1,20 1,15 1,10

## Назначение марки стали.

Для определения марки стали, необходимой для конструкций, проектировщик по исходным данным (класс ответственности, вида напряжённого состояния, назначению конструкций, и т.д.) назначал к какой группе конструкций относится эго элемент.

Фактор и его показатель					Группа конструкций при показателе
Наименование	Обозначение	Характеристика	Баллы		Группа
Класс ответственности	$S_1$	1	4		
		2,3	0		
Категория по назначению	$S_2$	А	11	$S > 26$	1
		Б	4		
		В	1		
Категория по напряжённому состоянию	$S_3$	І	8	$23 \leq S \leq 26$	2
		ІІ	5		
		ІІІ	1		
Наличие растягивающих напряжений	$S_4$	Есть	7	$19 \leq S \leq 22$	3
		Нет	2		
Неблагоприятное влияние сварки	$S_5$	Есть	6	$S \leq 18$	4
		Нет	2		

# Назначение марки стали.

По такой таблице проектировщик мог назначать группу стали. Но для упрощения был введён список конструкций по группам.

Группа	Описание конструкций
1	Сварные, работающие в особо тяжёлых условиях. Сварные подвергающиеся воздействию динамических, вибрационных или подвижных нагрузок (подкрановые балки, элементы эстакад, главные балки, испытывающие динамические нагрузки, фасонки ферм, транспортные галереи, опоры линии электропередач, мачты, оттяжки, дымовые трубы, бункеры, резервуары, оболочки.
2	Сварные конструкции либо их элементы, работающие при статической нагрузке при наличии растягивающих напряжений: фермы, балки, ригели, косоуры, опоры высотой до 60 м
3	Сварные конструкции либо их элементы, работающие при статической нагрузке при наличии сжатых напряжений: колонны, стойки, опорные плиты, настилы, связи, анкерные конструкции, прогоны
4	Вспомогательные конструкции: фахверк, лестницы, тапы, ограждения



# Назначение марки стали.

По такой таблице проектировщик назначал группу конструкций. Далее, зная где предполагается эксплуатация конструкции (по температуре воздуха наиболее холодной пятидневке с обеспеченностью 0,92 по СП131.13330.2016), проектировщик определяет какими марками стали может он воспользоваться.

Марка стали	Условия применения стали при расчётной температуре, °С											
	$t \geq -45$				$-45 > t \geq -55$				$t < -55$			
	Для групп конструкций											
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
C235	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
C245	-	+	x	-	-	-	-	+	-	-	-	+
C255, C285	+	x	x	-	-	-	-	+	-	-	-	+
C345, C375	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+	-

## Назначение марки стали.

Пример. Назначить марку стали для балки настила и колонны. Строительство осуществляется в г. Томске.

*Решение. Согласно СП 131.13330.2016 температура окружающего воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 для города Томска  $-35^{\circ}\text{C}$ . По таблицам марку стали для балки настила назначаем С235. Для колонны назначаем С245. При необходимости для балки допускаем переход на более прочную сталь С255 или С275.*

# Назначение марки стали.

Назначив марку стали проектировщик должен в расчётах применять значения расчётного сопротивления с учётом условий эксплуатации, надёжности и т.д.

Ранее было отмечено, что в расчётах необходимо предусматривать такие напряжённо деформированные состояния, которые не превышают предела текучести.

Так же ранее отмечали, что цифры в марок стали обозначают как раз этот предел текучести, т.е. сталь С245 это сталь с пределом текучести 245 МПа. В нормах проектирования этот параметр называют **нормативным сопротивлением** и обозначают  $R_{yn}$

Для перехода к расчётному сопротивлению необходимо разделить нормативное сопротивление на коэффициент надёжности по материалу.

$$\frac{R_{yn}}{\gamma_m}$$

Например, для стали С245 по ГОСТ 27772-88 расчётное сопротивление равно

$$\frac{R_{yn}}{\gamma_m} = \frac{245}{1,05} \approx 240 \text{ МПа}$$

# Коэффициент запаса

Например, для балки настила из стали С245, работающей на изгиб, условие прочности будет записано так

$$\frac{M_{max}}{W_x} \leq R_y \cdot \gamma_c = 240 \text{ МПа} \cdot 0,9 = 216 \text{ МПа}$$

В последних нормах проектирования (и вообще во многих расчётных программах) вводится понятие запаса, например, запас по прочности, жёсткости, устойчивости и т.д.

Понятие запаса выражается численно по критерию меньше 1 или больше 1. т.е. если запас по прочности меньше 1, то это говорит о том, что запас ещё есть и он равен какому то конкретному числу, которое можно выразить в процентах.

Например, запас по прочности равен 0,875. Это говорит о том, что запас есть и конструкция загружена на 87,5 %.

В этом случае условие прочности записывается так

$$\frac{M_{max}}{W_x \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1$$

# Расчётные сопротивления стали

Кроме **нормативного сопротивления**  $R_{yn}$  и **расчётного сопротивления** стали  $R_y$  в расчётах применяются и другие показатели:

В расчётах в случае сжатии торцевой поверхности при плотной пригонке материал работает в условиях всестороннего обжатия, и в этом случае расчётное сопротивление может быть завышено до предела прочности и в расчёт принимается  $R_p = R_u$

$$R_u = \frac{R_{un}}{\gamma_m}$$

Понимание «плотная пригонка» означает, что элементы конструкции обрабатываются так, что бы место соприкосновения было идеально ровным. Это достигается шлифовкой или строганием.

Расчётное сопротивление срезу принимается равным (помните?  $\tau_{xy} = \frac{G_x}{\sqrt{3}} \approx 0,5774 \cdot G_x$ )

$$R_s \approx 0,577 \cdot R_y$$