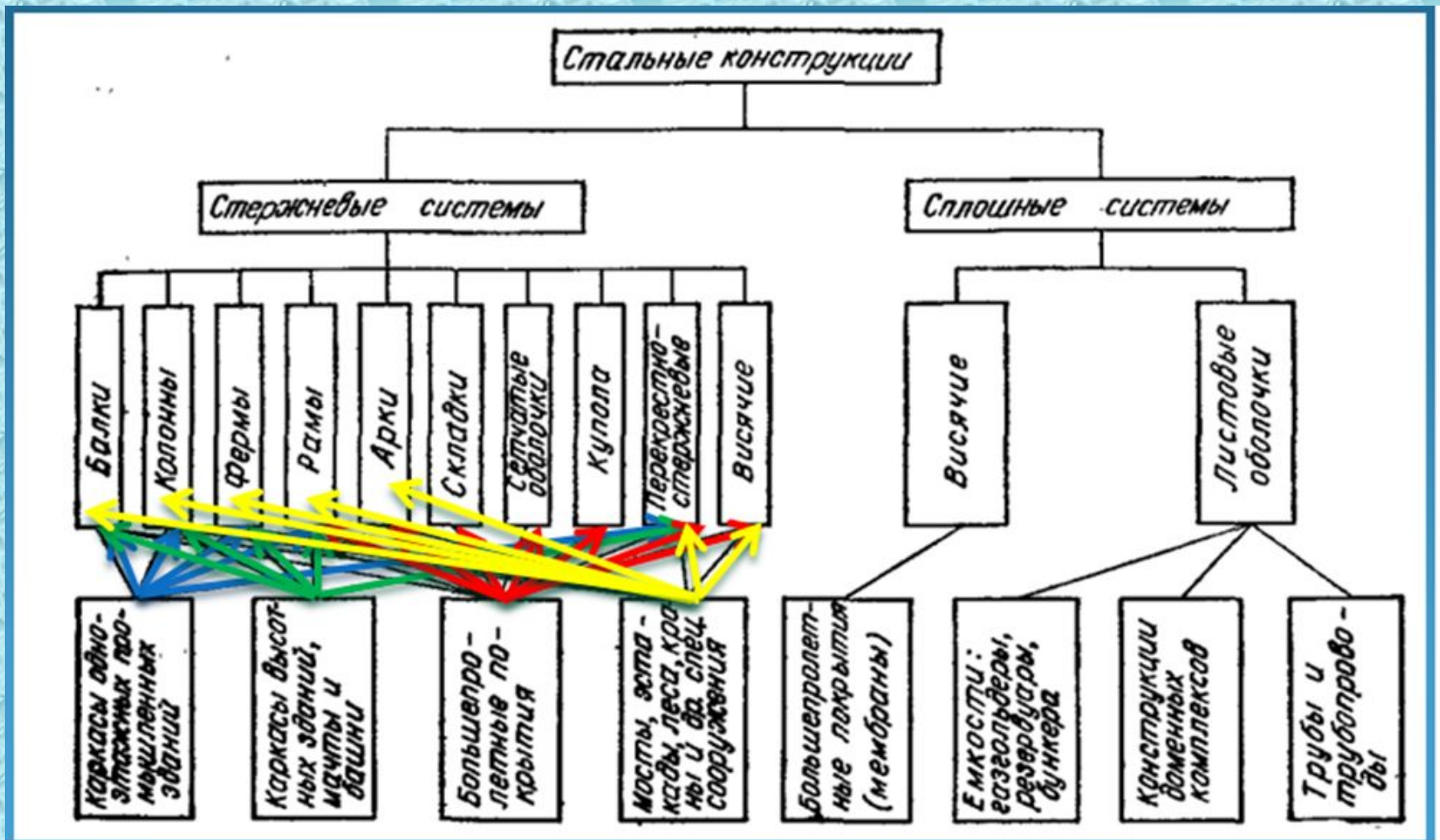


ЛЕКЦИЯ 1. МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ

В современной практике строительства металлические конструкции находят широкое применение. Это объясняется тем, что металл обладает высокой несущей способностью, обеспечивающей восприятие значительных нагрузок при сравнительно небольшой собственной массе, надежностью работы при различных видах напряженного состояния и агрессивных эксплуатационных средах, значительной универсальностью с точки зрения создания различных конструктивных форм плоских и пространственных систем, высокой индустриальностью изготовления изделий.



По виду металлические конструкции можно разделить на стержневые и сплошные системы (рис.1).

Основные требования, предъявляемые к металлическим конструкциям:

- 1) Удовлетворение конструктивной формы технологии производства функциональным эстетическим и эксплуатационным требованиям здания или сооружения;
- 2) Обеспечение необходимой несущей способности – прочности, устойчивости и жесткости при минимальной массе;
- 3) Достижение наименьшей трудоемкости изготовления и монтажа;
- 4) Сокращение сроков возведения и достижение минимальной стоимости каркаса здания или сооружения.

Наибольшее применение в промышленных и гражданских зданиях и сооружениях находят стрессовые системы с жесткими элементами, хорошо работающие на растяжение, сжатие и изгиб. Более половины всей стали, применяемой в строительстве, используется в одноэтажных промышленных зданиях, состоящих из одно или многопролетных плоских поперечных рам, образованных колоннами и стропильными фермами с пролетами более 18 м для отапливаемых зданий и с пролетами более 30 м для неотапливаемых; зданий высотой до оси нижнего пояса конструкции покрытия более 14,4 м; здания с кранами тяжелого режима работы и с кран-балками грузоподъемностью не менее 3,2 т, а также с развитой сетью подвесного конвейерного транспорта; здания, строящиеся в районах с расчетной сейсмичностью 8-9 баллов и т.д.

Наиболее распространенными сплошными системами являются газгольдеры, резервуары и бункера, применяемые для хранения газообразных, жидких, сыпучих тел, а также специальные конструкции комплекса доменных печей и химических заводов, дымовых труб и трубопроводов нефти и газа. Новейшее направление применение сплошных листовых конструкций (мембран) – перекрытие больших пролетов (более 100м) крытых стадионов и универсальных залов, а также площадей реконструируемых промышленных предприятий.

Достоинства и недостатки стальных конструкций

Достоинства	Недостатки
1. Высокая прочность (предел текучести $R_{yn} = 230-750$ МПа, модуль упругости $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа), способность воспринимать большие усилия.	1. Подверженность коррозии (появление ржавчины –оксида железа), требующей специальных методов защиты и частично ограничивающей, область применения.
2. Относительная легкость (в 1,5 – 2 раза деревянных, в 8-12 раз – бетонных, в 20 раз – кирпичных) и компактность, что обуславливает простоту и удобство транспортировки и монтажа)	2. Малая огнестойкость (при $t = 500$ °С сталь теряет несущую способность)
3. Водогазонепроницаемость	3. Сравнительно высокая стоимость.
4. Надежность работы конструкций, определяемая относительно высокой однородностью механических свойств стали	
5. Высокая сборность, индустриальность изготовления	

Лекция 2. Характеристика сталей

По назначению стали подразделяются на **конструкционные** и **инструментальные**; по химическому составу и степени легирования – на **углеродистые, низко- и высоколегированные**; в зависимости от гарантированных характеристик – на **стали обыкновенного качества, качественные и высококачественные**.

Для строительных конструкций применяются только **конструкционные стали**, которые по механическим свойствам разделяются на следующие группы: **обыкновенного качества, повышенной прочности, высокой прочности, качественные и высококачественные**.

- По способу придания формы их можно разделить на литые, кованные, а по характеру применения – на стали для металлических конструкций, арматурные и др.
- По видам проката сталь бывает листовая, широкополосная, сортовая (полосовая, круглая и тд.) и фасонная (швеллер, уголок, холоднодеформированные профили и тд.)

Один из главных признаков, определяющих применение стали в строительных конструкциях, - процентное содержание углерода в ней. По этому признаку сталь делится на **малоуглеродистую (C = 0,09-0,22%)** - применяемую в строительных конструкциях, **среднеуглеродистую (C = 0,25-0,5%)** – в машиностроении, и **высокоуглеродистую (C = 0,6-1,2%)** – в инструментальной промышленности.

Малоуглеродистая сталь обладает большой пластичностью , высокой ковкостью, хорошей свариваемостью, отсутствием тенденции к хрупкому разрушению – все эти свойства в полной мере отвечают высоким требованиям, предъявляемым к строительным сталям.

Для повышения механических свойств конструкционных сталей при их изготовлении строго контролируют содержание вредных элементов – фосфора, серы, кислорода, азота, увеличивающих хрупкость, и легирующих – никеля, хрома, титана, молибдена и других элементов, повышающих прочность, пластичность и способность материала к свариваемости и закаливанию.

По степени раскисления сталь делится на кипящую (КП), полуспокойную (ПС), спокойную(СП).

Кипящей (КП) называют сталь, в процессе получения которой происходит бурное выделение газов (кипение), способствующее образованию мелких газовых пузырей и концентрации вокруг них различных неметаллических включений и примесей, значительно снижающих качество стали.

Спокойная (СП) сталь, остывающая без бурного выделения газов, получается путем введения в нее различных раскислителей в виде добавок кремния, марганца, алюминия и др. в результате чего на поверхности слитка (15%) образовывается шлак, идущий на переплавку, а в остальной части слитка высококачественная однородная сталь.

В строительстве преимущественное применение находит полуспокойная сталь (компромиссный вариант между кипящей и спокойной), обладающая низкой стоимостью, чем спокойная сталь. Однако стали повышенной стали, обладающей более высокой однородностью и способностью сопротивляться хрупкому разрушению.

Углеродистые стали поставляются по ГОСТ 380-2005. В зависимости от назначения и гарантируемых характеристик углеродистая сталь подразделяется на три группы:

А – гарантируются механические свойства;

Б – гарантируется химический состав;

В – гарантируются механические свойства и химический состав.

В строительных конструкциях применяется в основном сталь группы В. Для нерасчетных сварных элементов конструкции может быть применена сталь группы Б, для таких же элементов с болтовыми или заклепочными соединениями – сталь группы А.

По ГОСТ 380-2005 марка углеродистой стали обозначается как Ст, порядковый номер в зависимости от химического состава и механических свойств 0,1,2,3,4,5,6 группа стали Б,В (группа А в обозначении марки не указывается); степень раскисления: кп –сталь кипящая, пс –полуспокойная,сп – спокойная и категория 1,2,3,4,5,6 в зависимости от нормируемых механических свойств (первая категория в обозначение не входит).

Например, ВСт3сп2 читается так: сталь 3 спокойная, группы В, 2-й категории.

В последнее время применяются стали высокой прочности с пределом текучести 45-75 кгс/кв.мм. Повышение прочности здесь достигается более сложным легированием или термообработкой низколегированных сталей повышенной прочности или за счет использования обоих приемов.

Применение сталей повышенной и высокой прочности приводит к снижению массы конструкции соответственно на 15-20 и 25-50%. Однако эти стали, особенно высокопрочные, дороже углеродистых, поэтому выбор стали должен быть обоснован технико-экономическим анализом с учетом условий эксплуатации.

Пример условного обозначения стали на
чертежах:

*Лист размером 5x1000x2000 мм по ГОСТ 19903-74
из стали марки 09Г2 (ГОСТ 19282-73) категории 2*

**Лист $5 \times 1000 \times 2000$ ГОСТ 19903—74 *
09Г2-2 ГОСТ 19282—73 •**

Обозначение легирующих элементов в марках

стали

Элемент	Химический символ	Обозначение в марках стали
Железо	Fe	-
Углерод	C	У
Марганец	Mn	Г
Титан	Ti	Т
Медь	Cu	Д
Кобальт	Co	К
Бор	B	Р
Кремний	Si	С
Хром	Cr	Х
Никель	Ni	Н
Молибден	Mo	М
Вольфрам	W	В
Ванадий	V	Ф
Алюминий	Al	Ю
Селен	Se	Е

Продолжение таблицы

Ниобий	Nb	Б
Цирконий	Zr	Ц
Сера	S	-
Фосфор	P	P
Азот	N	A

Влияние химических элементов на характеристики сталей

Характеристика	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	V	Mo	Ti	Al
Временное сопротивление	++	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	0
Предел текучести	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	0
Относительное удлинение	=	-	-	=	0	0	0	0	-	-	0	0
Твердость	++	+	+	+	-	+	+	0	+	+	+	0
Ударная вязкость	-	=	-	=	-	+	+	0	0	0	-	0
Усталостная прочность	+	0	0	0	0	0	0	0	++	++	0	0
Свариваемость	-	-	0	-	0	0	0	-	+	+	+	0
Стойкость против коррозии	0	-	+	+	0	+	+	++	+	+	0	0
Холодноломкость	0	0	0	+	0	-	-	-	0	0	0	0
Красноломкость	+	+	0	0	+	0	0	0	0	-	0	0

Условные обозначения: + повышает; ++ значительно повышает; - снижает; = значительно снижает; 0 - не влияет.

Интересная информация*

Ориентировочное определение содержания углерода в стали по искре

Содержание углерода, %	Вид искры	Цвет искры
0,15—0,20		Соломенно-желтый
0,3		Светло-желтый
0,45—0,50		Светло-желтый
1,1—1,3		Белый
1,0—1,8		Темно-красный

Лекция 3. Свариваемость металла

В соответствии с ГОСТ 26001-84 дано понятие свариваемости:

Свариваемость – свойство металлов или сочетания металлов образовывать при установленной технологии сварки соединение, отвечающее требованиям, обусловленным конструкцией и эксплуатацией изделия.

Группы свариваемости сталей

Группа	Свариваемость	Характеристика
I	Хорошая	Свариваются любыми способами без применения особых приемов, образуя сварные соединения высокого качества
II	Удовлетворительная	Для получения сварных соединений высокого качества требуется строгое соблюдение режимов сварки, применение специального присадочного металла, особо тщательная очистка свариваемых кромок и нормальные температурные условия сварки, а в некоторых случаях – предварительный и сопутствующий подогрев до 100-150 град. Цельсия, а также термообработка

III	Ограниченная	В обычных условиях сварки стали склонны к образованию трещин. Перед сваркой их подвергают термообработке и подогреву до 250-400 град. Цельсия с последующим отпуском.
IV	Плохая	Качество сварных соединений пониженное, швы склонны к образованию трещин несмотря на то, что при сварке применяют сложные технологические приемы, обязательный подогрев изделий, предварительную и последующую термообработку.

Свариваемость основного металла можно предварительно оценить по его

химическому
подсчитывается
по формуле:

$$C_s = C + \frac{Mn}{20} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cr + Mo + V}{10}.$$

Стали с содержанием $C_s \leq 0,2$ хорошо свариваются, при $C_s = 0,25 \div 0,35$ свариваются удовлетворительно, при $C_s = 0,35 \div 0,45$ свариваемость ограниченная. При более высоком содержании углерода свариваемость плохая.

Значение C_s для некоторых низколегированных сталей

Марка стали	Значение C_s	
	максимальное	среднее
10Г2С, 09Г2	0,26	0,2
14Г, 15Г	0,28	0,23
15ГС, 10ХСНД	0,3	0,24
14Г2	0,31	0,26
20Г, 15Х, 14ХГС	0,34	0,28
15ХСНД, 18Г2С	0,26	0,29

Лекция 5. Сварные соединения и расчет их прочности при статических нагрузках.

1. Принципы расчета сварных конструкций

Оценка несущей способности конструкций и соединений производится по предельным состояниям.

Предельные состояния подразделяются на две группы.

К первой группе, соответствующей потере несущей способности или непригодности к эксплуатации, относятся:

1. Общая потеря устойчивости формы;
2. Потеря устойчивости положения;
3. Хрупкое, вязкое, усталостное или иного характера разрушение;
4. Разрушение под совместным действием силовых факторов и неблагоприятных влияний внешней среды;
5. Качественное изменение конфигурации, резонансные колебания, состояния при которых возникает необходимость прекращения эксплуатации в результате текучести материала, сдвигов в соединениях, ползучести и чрезмерного раскрытия трещин

Ко второй группе относятся предельные состояния, затрудняющие нормальную эксплуатацию конструкции или снижающие их долговечность вследствие появления недопустимых перемещений (прогибов, осадок, углов поворота), колебаний, трещин и т.п.

В строительных организациях в основу расчета по методу предельного состояния положены так называемые нормативные сопротивления. В качестве нормативного сопротивления принято наименьшее значение предела текучести стали.

Пределом текучести называют механическую характеристику материала, характеризующую напряжение, при котором деформации продолжают расти без увеличения нагрузки.

Предел текучести - это напряжение, при котором начинается пластическое деформирование металла. Обозначение σ_T .

С учетом неоднородности свойств стали расчетные сопротивления R получают делением значений нормативных сопротивлений на коэффициент безопасности по материалам k_m . Для низкоуглеродистой стали расчетное сопротивление R составляет примерно $0,9\sigma_T$.

При расчете по этому методу находят величины допускаемых усилий в элементах.

Допускаемые усилия определяют с учетом коэффициента надежности k_n и условий работы m , учитывающих специфический характер работы конкретных объектов рассматриваемой области техники. Коэффициенты k_n и m определяют для стропильных ферм зданий, резервуаров, трубопроводов и тп.

Допускаемые усилия для элемента при продольной силе определяют по формуле:

1

$$N_{\text{доп}} \leq RmF/k_n,$$

1.1

Где:

R – расчетное сопротивление;

m – коэффициент условия работы;

F – площадь поперечного сечения;

k_n – коэффициент надежности.

РАСЧЕТНОЕ УСИЛИЕ

Должно быть меньше или равно
допустимого

$$N \leq N_{\text{доп}}$$

Аналогичным путем находят допускаемый момент при изгибе:

$$M_{\text{доп}} \leq RmW / k_n, \quad 1.2$$

Где W – момент сопротивления сечения.

Легко увидеть, что величина Rm/k_n , представляет собой – допускаемое напряжение.

Коэффициенты m и k_n неодинаковы не только для различных изделий, но и в некоторых случаях и для элементов одной конструкции. Таким образом, по этому

Способу для разных конструкций расчет производится по различным допускаемым напряжениям.

Коэффициенты условий работы некоторых элементов, согласно СНиПу, имеют следующие значения: для балок и сжатых элементов ферм, перекрытий $m = 0,9$; для сжатых основных элементов (кроме опорных) решетчатых ферм при их гибкости $\lambda \geq 60$, $m = 0,8$; для сжатых раскосов пространственных решетчатых конструкций из одиночных уголков, прикрепляемых к поясам одной полкой, $m = 0,9$; для сжатых элементов из одиночных уголков плоских ферм $m = 0,75$; для колонн жилых и общественных зданий, а также в подкрановых балках для кранов грузоподъемностью $G > 5$ т $m = 0,9$. Ниже, в табл. 2.1, даны значения расчетных сопротивлений R прокатной стали.

Лекция 4.

Расчетные сопротивления и коэффициенты условий работы.

Согласно СНиП II – В.3-72 стали для строительных конструкций сгруппированы по классам прочности. Цифры в индексе обозначают:

Числитель – минимальная величина по ГОСТ временного сопротивления на разрыв. ;

Знаменатель - минимальная величина по ГОСТ предела текучести,

кгс/мм²

кгс/мм²

Таблица 1.6. Классы прочности стали и соответствующие им марки

Категория прочности	Класс стали	Механические свойства при растяжении, не менее			Марка стали	Толщина проката, мм	Ударная вязкость кгс·м/см ² , при температуре, град С			
		σ_{B1} кгс/см ²	σ_{T1} кгс/см ²	σ_{δ} %			-20	-40	-70	после механического старения
Обычная	С38/23	3800	2300	25	ВСтЗпс	5—40	См. табл. 1.4 и 1.5			
					ВСтЗсп	5—40				
					ВСтЗГпс	10—30				
					В18Гпс5	10—30				
					М16С	26—40				
					3	—	—	3		
						3,5	—	—	3,5	
Повышенная	С44/29	4400	2900	21	СтТпс	10—25	—	3	—	3
					09Г2С	21—60	—	—	3	3
					09Г2	4—20	—	—	3	3
	С46/33	4600	3300	21	09Г2С	4—20	—	—	3	3
					14Г2	4—32	—	3	—	3
					10Г2С1	4—40	—	3	—	3
					15ХСНД	5—32	—	3	—	3
	С52/40	5200	4000	19	10Г2С1	10—40	—	5	—	3
					10ХСНД	4—40	—	—	3	3
					14Г2АФ	4—32	—	4	—	4
					18Г2АФпс	4—32	—	3	—	3
					15Г2СФ	4—20	—	3	—	3

Высокая

С60/45	6000	4500	16	15ХСНД	10—32	—	4	—	3
				16Г2АФ	4—32	—	4	—	3
				18Г2АФпс	8—50	—	3	—	3
				15Г2СФ	8—32	—	5	—	3
С70/60	7000	6000	12	12Г2СМФ	10—32	—	3,5	—	—
				14ГСМФР	4—40	—	3	—	—
С85/75	8500	7500	10	15ХГ2СМФР	12—30	—	3	—	—

Примечание. Стали классов С52/40—С85/75 поставляются в термически упроченном состоянии.

Таблица 1.7. Расчетные сопротивления R прокатной стали, кгс/см^2

Вид напряжения состояния	Классы прочности стали						
	C38/23	C44/29	C46/33	C52/40	C60/45	C70/60	C85/75
Растяжение, сжатие и изгиб	2100 (2600)	2600 (3000)	2900 (3100)	3400	3800	4400	5300
Срез	1300 ^{1/2} _{Ca}	1500	1700	2000	2300	2600	3100
Смятие торцовой поверхности (при наличии пригонки)	3200	3900	4300	5100	5700	6500	8000
Смятие местное в цилиндрических шарнирах (цапфах) при плотном касании	1600	2000	2200	2500	2900	3300	3900
Диаметральное сжатие катков при свободном касании (в конструкциях с ограниченной подвижностью)	80	100	110	130	150	180	200

Примечания: 1. В скобках указаны расчетные сопротивления стали растяжению для конструкций, эксплуатация которых возможна и после достижения металлом предела текучести.

2. Указанные в табл. 1.7 значения расчетных сопротивлений установлены для толщины прокатной стали класса C38/23 до 30 мм; при толщине 31—40 мм $R=1900$, при 41—160 мм — $R=1700 \text{ кгс/см}^2$.

Таблица 1.8. Коэффициенты условий работы элементов стальных конструкций

№ п.п	Наименование элементов конструкций	m
1	Сплошные балки и сжатые элементы ферм перекрытий под залами театров, клубов, кинотеатров, под трибунами, помещениями магазинов, книгохранилищ и архивов и т. п. при весе перекрытий, равном или большем полезной нагрузки	0,9
2	Сжатые основные элементы (кроме опорных) решетки ферм покрытий и перекрытий (например, строительных и аналогичных им ферм) при гибкости их $\lambda \leq 60$	0,8
3	Сжатые раскосы пространственных решетчатых конструкций из одиночных уголков, прикрепляемых к поясам одной полкой: а) с помощью сварных швов или двух и более заклепок, поставленных вдоль уголка:	
	1) при перекрестной решетке с совмещенными в смежных гранях узлами (рис. 1.1, б);	0,9
	2) при елочной и перекрестной решетке с несовмещенными в смежных гранях узлами (рис. 1.1, в, г);	0,8
4	б) с помощью болтов или одной заклепки Подкрановые балки под краны грузоподъемностью 5 тс и более тяжелого и весьма тяжелого режимов работы	0,75 0,9
5	Колоны гражданских зданий и опор водонапорных башен	0,9
6	Сжатые элементы из одиночных уголков, прикрепляемые одной полкой (для неравнобоких уголков только узкой полкой), за исключением элементов конструкций, указанных в п. 3 настоящей таблицы, и плоских ферм из одиночных уголков	0,75

Лекция 6. Соединения стальных конструкций

Характеристика способов сварки и типы сварных соединений. Для соединения элементов металлоконструкций применяются следующие виды сварки:

Электродуговая ручная сварка электродами типа Э42, Э46, Э50, Э60, Э70, Э85 (цифра означает временное сопротивление наплавленного металла в $кгс/мм^2$), а также электродами типа Э42А, Э50А, Э60А с повышенными пластическими свойствами (табл. 2.1). В зависимости от типа покрытия применяются различные марки электродов.

Автоматическая и полуавтоматическая сварка под слоем флюса. Она позволяет получить качественный шов толщиной до 16 мм за один проход и обеспечивает глубокий провар. В зависимости от толщины деталей и технологических возможностей применяется двусторонняя сварка с подваркой корня шва и односторонняя на флюсовой подушке, медной подкладке или на стальной остающейся подкладке.

Полуавтоматическая сварка в среде углекислого газа. Производится электродной проволокой, а в зону сварки под давлением подается углекислый газ, защищающий наплавленный металл от воздействия кислорода и азота.

Сварка порошковой проволокой. Производится с помощью флюса, завернутого в металлическую ленту, который обеспечивает защиту сварочной зоны. В формировании шва участвуют металлическое покрытие и специальные легирующие добавки, вводимые в флюс.

Таблица 2]. Материалы, рекомендуемые для механизированной и ручной сварки

Группа конструкций (по приложению V)	Класс стали	Расчетная температура, град С	Температура при сварке, град С	Сварка под флюсом		Сварка в углекислом газе (по ГОСТ 8050-61*)	Ручная дуговая сварка	
				марка флюсов** (по ГОСТ 9087-69)	марки сварочной проволоки (по ГОСТ 2246-70)	марка сварочной проволоки (по ГОСТ 2246-70)	Тип электродов (по ГОСТ 9457-60)	Марки электродов
I, II	C38/23	$t > -40$	$t > 0$	АН-348-А АН-348-АМ ОСЦ-45 ОСЦ-45М	Св-08АА Св-08А	Св-08Г2С	Э42А Э46А	Все марки данного типа
	C44/29 C46/33			Св-08ГА Св-10Г2	Э46А Э50А			
	C52/40			АН-22 АН-348-А АН-348-АМ	Св-08ХМ Св-18ХМА		Э60А	
	C60/45			АН-22 АН-17М	Св-08ХН2М Св-08ХМ Св-18ХМА			
III, IV, VI	C38/23	$t > -40$	$t > 0$	АН-348-А АН-348-АМ ОСЦ-45 ОСЦ-45М ФЦ-9	Св-08	Св-08ГС	Э42 Э46	Все марки данного типа***
	C44/29 C46/33			Св-08ГА Св-10Г2	Св-08Г2С	Э46 Э50		
	C52/40			АН-22 АН-348-А АН-348-АМ		Св-10ГА	Э60А	
	C60/45			АН-22 АН-17М АН-348-А	Св-08ХМ Св-18ХМА	Св-10ХГ2СМА		

Группа конструкций (по приложению V)	Класс стали	Расчетная температура, град С	Температура при сварке, град С	Сварка под флюсом		Сварка в углекислом газе (по ГОСТ 8050-64*)	Ручная дуговая сварка	
				марка флюсов** (по ГОСТ 9087-69)	марки сварочной проволоки (по ГОСТ 2245-70)	марки сварочной проволоки (по ГОСТ 2246-70)	Тип электродов (по ГОСТ 9467-60)	Марки электро-
III, IV, VI	C70/60	$t > -40$	$t > 0$	АН-22 АН-17М	Св-08ХН2ГМЮ Св-08ХМФА	Св-08ХН2Г2СМЮ Св-08ХГСМФА	Э70	Все марки данного типа***
I, II, III	C38/23 C44/29 C46/33 C52/40	$-40 > t > -65$	$t > -50$	АН-22	Св-10НМА			УОНИ 13/55; УОНИ 13/45; СМ-11****; УП-2/55****
IV	C44/29 C46/33	$-50 > t > -65$						
	C52/40	$-40 > t > -65$						
IV	C44/29 C46/33	$-40 > t > -50$	$t > 0$	АН-348-А АН-348-АМ ОСЦ-45 ОСЦ-45М	Св-08АА***** Св-08А***** Св-08ГА	Св-08Г2С	Э50А Э42А	УОНИ 13/55; УОНИ 13/45; СМ-11; УП-2/55
V	C44/29 C46/33	$-40 > t > -65$						
IV, VI	C38/23	$-40 > t > -65$						

IV	C44/29 C46/33	$-40 > t > -50$					
V	C44/29 C46/33	$-40 > t > -65$	$0 > t > -35$		Св-10НМА Св-08ХНМ Св-08ГА		
IV, VI	C38/23	$-40 > t > -65$				Св — 08Г2С	350А 342
IV	C44/29 C46/33	$-40 > t > -50$		АН-34В-А АН-34В-АМ ОСЦ-45 ОСЦ-45М АН-60			УОНИ 13/55; УОНИ 13/45; СМ-11*****
V	C44/29 C46/33	$-40 > t > -65$	$-35 > t > -50$		Св-10НМА Св-08ХНМ		
IV, VI	C38/23	$-40 > t > -65$					

** Флюс марки АН-17М поставляется по ЧМТУ 1—1017—70.

*** Для конструкций III группы электроды марок ОММ-5 и СМ-5 не применяются.

**** Применять только для сварки при положительной температуре.

***** Применять только для сварки конструкций VI группы.

Примечания: 1. Для конструкций всех групп при расчетных температурах минус 40°C и выше для сварки при отрицательных температурах выбор материалов производится в соответствии с главой СНиП по изготовлению и монтажу стальных конструкций.

2. В конструкциях IV, V, VI групп при расчетных температурах ниже минус 40°C для стыковых соединений применяются электроды только марки УОНИ 13/55.

Приложение V – группы конструкционных сталей

Указания по применению стали для стальных конструкций зданий и сооружений

Класс стали	Марка стали	Толщина листового, сортового и фасонного проката в мм	Класс стали	Марка стали	Толщина листового, сортового и фасонного проката в мм
-------------	-------------	---	-------------	-------------	---

Группа I. Сварные конструкции, работающие в особо тяжелых условиях и подвергающиеся непосредственному воздействию динамических или вибрационных нагрузок (балки рабочих площадок главных зданий мартеновских и конверторных цехов, элементы конструкций бункерных и разгрузочных эстакад, непосредственно воспринимающие нагрузку от подвижных составов; подкрановые балки; фасонки стропильных и подстропильных ферм и т. п.)

Расчетная температура $t \geq -40^{\circ}\text{C}$

С38/23	В18Гпс5	От 5 до 30	С46/33	10Г2С1	От 4 до 10
	ВСтЗсп5	» 5 » 25		10Г2С1Д	» 11 » 40
	М16С	» 26 » 40		15ХСНД	» 5 » 32
				14Г2*	» 4 » 32
С44/29	СтТсп	От 10 до 25	С52/40	10Г2С1**	От 10 до 40
	09Г2С	» 21 » 60		10ХСНД	» 4 » 40
С46/33	09Г2С	От 4 до 20			

Расчетная температура $-40^{\circ}\text{C} > t \geq -65^{\circ}\text{C}$

С44/29	09Г2С	От 21 до 60	С52/40	10Г2С1**	От 10 до 40
С46/33	09Г2С	» 4 » 20		10ХСНД	» 11 » 40

Группа II. Сварные конструкции, находящиеся под непосредственным воздействием динамических или вибрационных нагрузок, кроме перечисленных в группе I (пролетные строения наклонных мостов доменных печей, пролетные строения и опоры транспортерных галерей и т. п.)

Расчетная температура $t \geq -30^{\circ}\text{C}$

С38/23	ВСтЗпс6	От 5 до 10	С52/40	10Г2С1**	От 10 до 40
	В-18Гпс5	» 11 » 30		10ХСНД	» 4 » 40
	ВСтЗпс5	» 11 » 25		14Г2АФ	» 4 » 50
	09Г2С	» 61 » 160		15Г2АФДпс	» 10 » 32
С44/29	СтТсп	От 10 до 25	С60/45	15ХСНД**	От 10 до 32
С46/33	14Г2	От 4 до 32		16Г2АФ	» 4 » 50
	10Г2С1	» 4 » 10		18Г2АФпс	» 4 » 32
	10Г2С1Д	» 11 » 40	15Г2СФ	» 8 » 32	
	15ХСНД	» 5 » 32			

Расчетная температура $-30^{\circ}\text{C} > t \geq -40^{\circ}\text{C}$

С38/23	ВСтЗпс6	От 5 до 10	С52/40	10Г2С1**	От 10 до 40
	В18Гпс5	» 11 » 30		10ХСНД	» 4 » 40
	ВСтЗпс5	» 11 » 25		14Г2АФ	» 4 » 50
С44/29	СтТсп	От 10 до 25		15Г2АФДпс	» 10 » 32
С46/33	14Г2	От 4 до 32	С60/45	15ХСНД**	От 10 до 32
	10Г2С1	» 4 » 10		16Г2АФ	» 4 » 50
	10Г2С1Д	» 11 » 40		18Г2АФпс	» 8 » 32
	15ХСНД	» 5 » 32		15Г2СФ**	» 8 » 32

Расчетная температура $-40^{\circ}\text{C} > t \geq -65^{\circ}\text{C}$

C38/23	09Г2С	От 61 до 160	C46/33	10Г2С1Д 15ХСНД	От 11 до 60 » 4 » 32
C44/29	09Г2С	От 21 до 60		C52/40	10Г2С1** 10ХСНД
C46/33	09Г2С 10Г2С1	От 4 до 20 » 4 » 10			

Группа III. Сварные конструкции перекрытий и покрытий (фермы, за исключением фасонки, ригели рам, главные балки перекрытий и т. п.)

Расчетная температура $t \geq -30^\circ\text{C}$

Класс стали	Марка стали	Толщина листового, сортового и фасонного проката в мм	Класс стали	Марка стали	Толщина листового, сортового и фасонного проката в мм
С38/23	ВСтпс6	От 5 до 25	С52/40	15Г2СФ	От 4 до 32
	ВСтЗГпс5	» 10 » 30		С60/45	15ХСНД**
В18Гпс5	» 10 » 30	16Г2АФ	» 4 » 50		
С44/29	СтТсп	От 10 до 25	18Г2АФпс		» 8 » 32
С46/33	14Г2	От 4 до 32	15Г2СФ**	» 8 » 32	
С52/40	10Г2С1**	От 10 до 40	С70/60	12Г2СМФ	От 10 до 32
	14Г2АФ	» 4 » 50		14ГСМФР	» 4 » 40
	15Г2АФДпс	» 10 » 32			

Расчетная температура $-30^\circ\text{C} > t \geq -40^\circ\text{C}$

С38/23	ВСт3пс6	От 5 до 10	С60/45	15ХСНД**	От 10 до 32
	ВСтЗГпс5	» 11 » 30		16Г2АФ	» 4 » 50
	В18Гпс5	» 11 » 30		15Г2СФ**	» 8 » 32
	ВСтЗсп5	» 11 » 25		18Г2АФпс	» 4 » 32
С44/29	СтТсп	От 10 до 25	С70/60	12Г2СМФ	От 10 до 32
С46/33	14Г2	От 4 до 32		14ГСМФР	» 4 » 40
С52/40	10Г2С1**	От 10 до 40			
	14Г2АФ	» 4 » 50			
	15Г2АФДпс	» 10 » 32			
	15Г2СФ	» 4 » 32			

Продолжение
таблицы

Расчетная температура $-40^{\circ}\text{C} > t \geq -65^{\circ}\text{C}$

С44/29	09Г2С	От 21 до 60	С46/33	15ХСНД	От 4 до 32
	09Г2	» 5 » 10			
С46/33	09Г2С	От 4 до 20	С52/40	10Г2С1**	От 10 до 40
	10Г2С1	» 4 » 60			

Группа IV. Сварные конструкции, не подвергающиеся непосредственному воздействию подвижных или вибрационных нагрузок (колонны, стойки, прогоны покрытий, опорные плиты; конструкции, поддерживающие технологическое оборудование и трубопроводы, сварные балки, бункера)

Расчетная температура $t \geq -30^{\circ}\text{C}$

C38/23	ВСтЗкп2	От 4 до 160	C60/45	16Г2АФ	От 4 до 50
C44/29	СтТпс	От 10 до 40		15Г2СФ**	» 8 » 32
C46/33	14Г2	От 4 до 32		18Г2АФпс	» 4 » 32
C52/40	10Г2С1**	От 10 до 40	C70/60	12Г2СМФ	От 10 до 32
	14Г2АФ	» 4 » 50		14ГСМФР	» 4 » 40
	15Г2АФДпс	» 10 » 32			
	15Г2СФ	» 4 » 32			

Расчетная температура $-30^{\circ}\text{C} > t \geq -40^{\circ}\text{C}$

C38/23	ВСтЗпсб	От 5 до 25	C52/40	15Г2АФДпс	От 10 до 32
	ВСтЗГпсб	» 10 » 30		15Г2СФ	» 4 » 32
	В18Гпсб	» 10 » 30	C60/45	16Г2АФ	От 4 до 50
C44/29	СтТпс	От 10 до 25		18Г2АФпс	» 4 » 32
C46/33	14Г2	От 4 до 32		15Г2СФ	» 8 » 32
C52/40	10Г2С1**	От 10 до 40	C70/60	12Г2СМФ	От 10 до 32
	14Г2АФ	» 4 » 50		14ГСМФР	» 4 » 40

Расчетная температура $-40^{\circ}\text{C} > t \geq -50^{\circ}$

C38/23	09Г2С****	От 61 до 160	C44/29	10Г2С1****	От 61 до 160
C44/29	СтТсп	От 10 до 25	C46/33	09Г2С	От 4 до 20
	09Г2	» 5 » 32		10Г2С1	» 4 » 60
	09Г2С	» 21 » 60	C52/40	10Г2С1**	От 10 до 40

Расчетная температура $-50^{\circ}\text{C} > t \geq -65^{\circ}\text{C}$

C44/29	09Г2С	От 21 до 60	C52/40	10Г2С1**	От 10 до 40
C46/33	09Г2С	От 4 до 20		10ХСНД	» 11 » 40
	10Г2С1	» 4 » 60			
	15ХСНД	» 4 » 32			

Группа V. Конструкции I, II, III, IV групп, монтируемые при расчетной температуре ниже -40°C и эксплуатируемые в отапливаемых помещениях.

Все марки сталей, рекомендуемые для конструкций I, II, III и IV групп, с заменой требования по ударной вязкости при температуре минус 70°C требованием по ударной вязкости при температуре -40°C .

Значение ударной вязкости должно быть не менее $3 \text{ кгс}\cdot\text{м}/\text{см}^2$.

Группа VI. Вспомогательные конструкции зданий и сооружений (связи, элементы фахверка, лестницы, площадки, опоры светильников и т. п.) и слабонагруженные конструкции и элементы с напряжением менее 0,4 расчетного сопротивления

Группа VII. Конструкции, относящиеся к группам I, II и III, при выполнении их клепаными

Группа VIII. Конструкции, относящиеся к группе IV, при выполнении их клепаными, а также элементы конструкций, не имеющие сварных соединений

Группа IX. Конструкции, относящиеся к группе VI, не имеющие сварных соединений

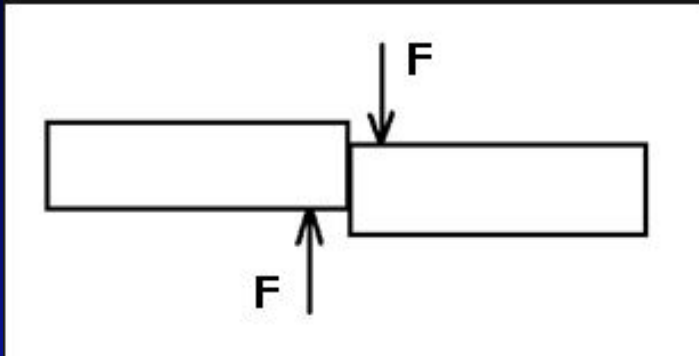
Лекция № 7. Виды сопротивляемости материалов.

Нагрузки и их эпюры, изгибающий момент.

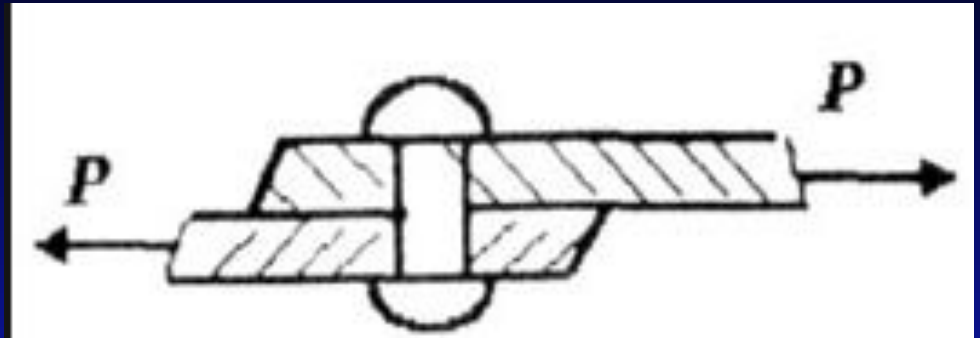


Рассчитываются опоры мостов, колонны, провода, тросы

Сдвиг (срез, скалывание)



Сдвиг

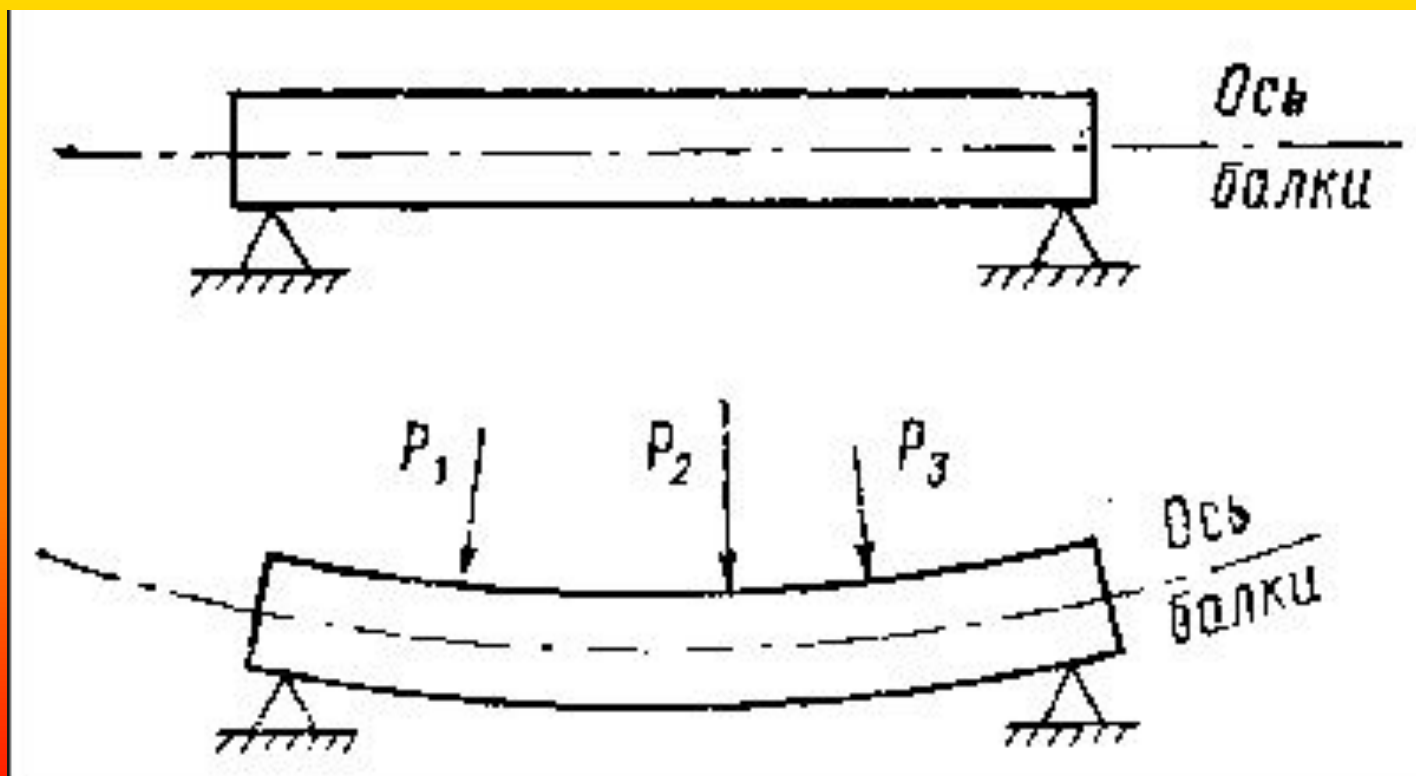


Срез заклепки в результате сдвига

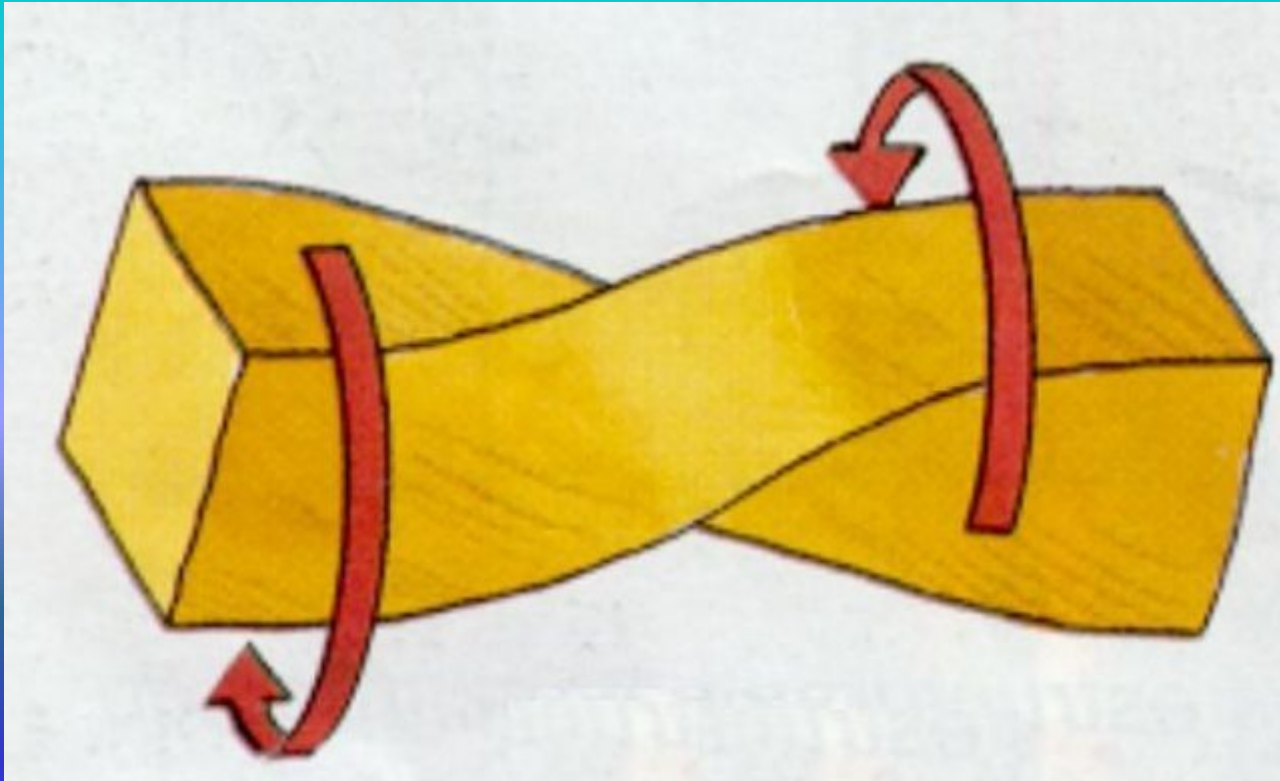
Если материал хрупкий, то произойдет – срез,
Если вязкий – скалывание.

Расчитывают таким образом заклепки, шпонки, болты

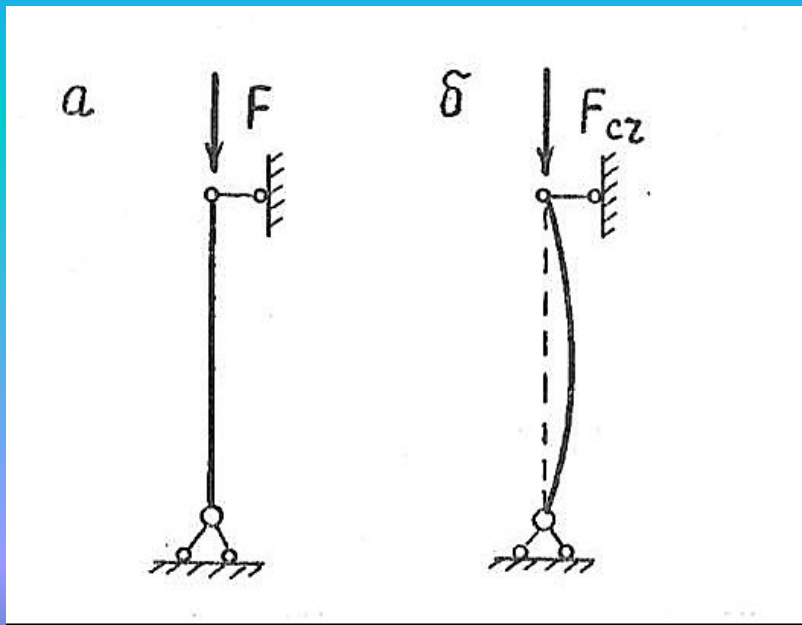
Поперечный изгиб – рассчитываются балки и валы



Кручение - болты, шурупы, валы



□ Продольный изгиб или потеря



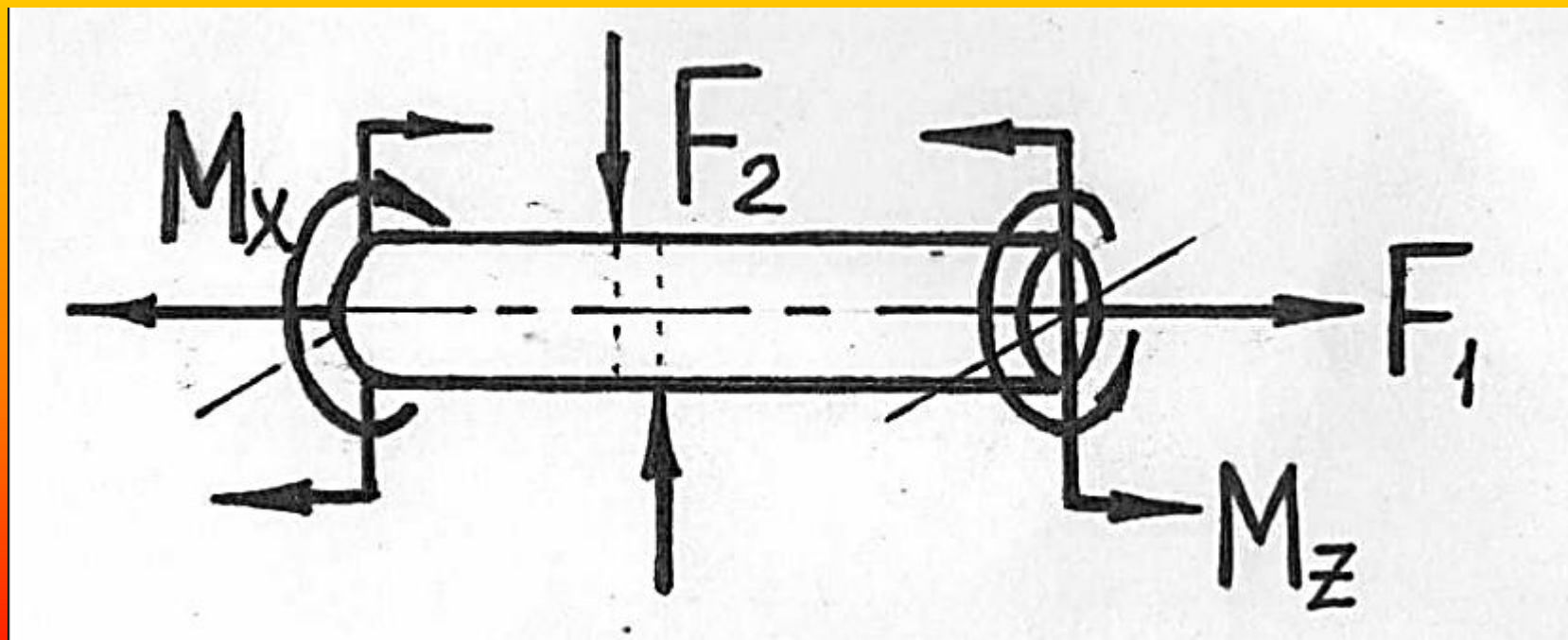
F_{cr} (критическая)

$F < F_{cr}$ – стержень не изогнется

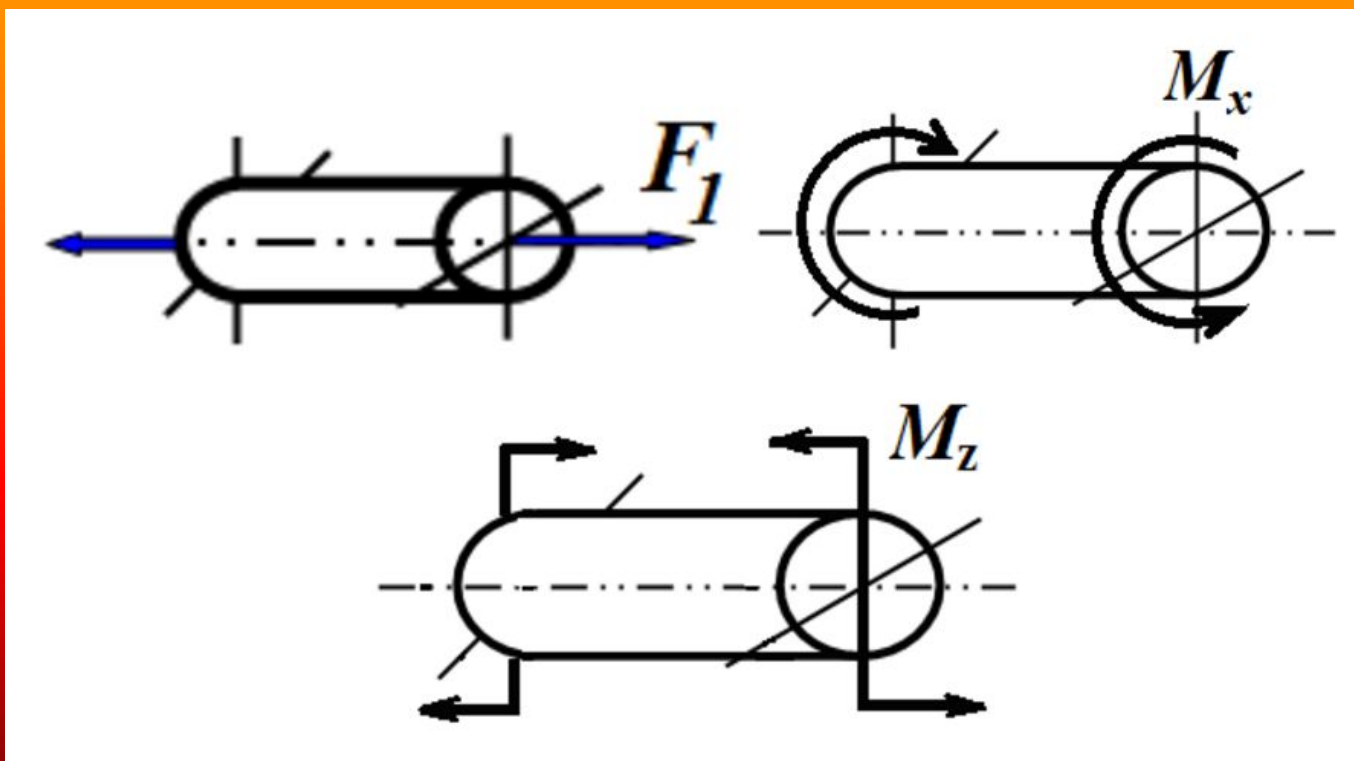
$F = F_{cr}$ - состояние критическое
неустойчивое, вероятно стержень изогнется

$F > F_{cr}$ – стержень изогнут, вероятно сломается
или изогнется.

Сложным сопротивлением называются виды нагружения, при которых в поперечных сечениях одновременно действуют несколько внутренних силовых факторов.

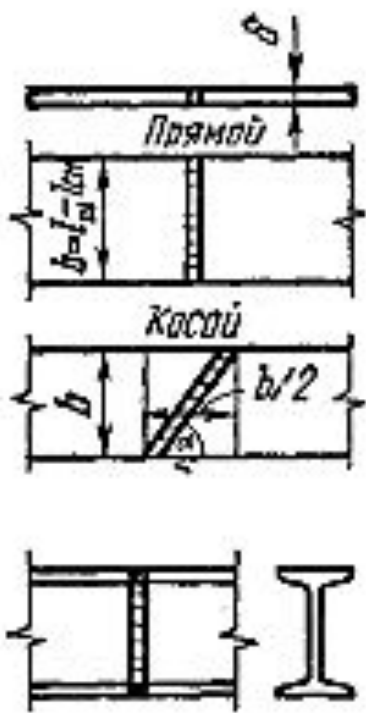
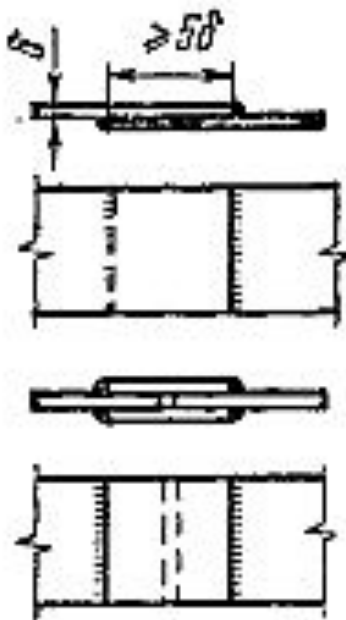
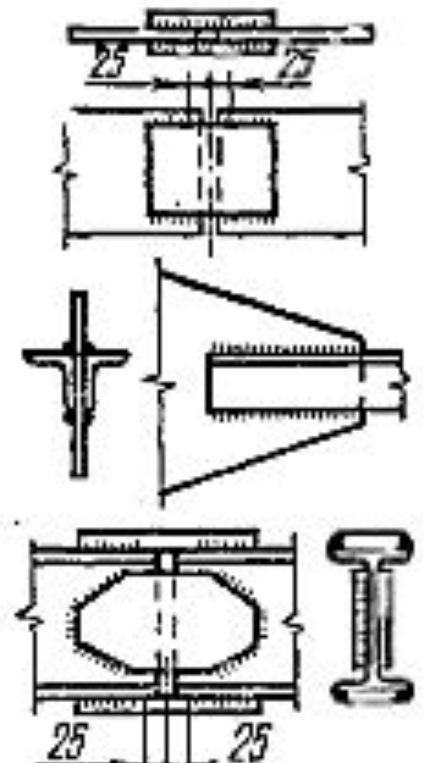


Сложный вид деформации можно рассматривать как сумму простых видов, изученных ранее (растяжение, изгиб, кручение), при которых в сечениях элементов конструкций возникал только один внутренний силовой фактор (рис.): нормальная сила N - при растяжении, изгибающий момент M_z - при чистом изгибе, крутящий момент M_x - при кручении.

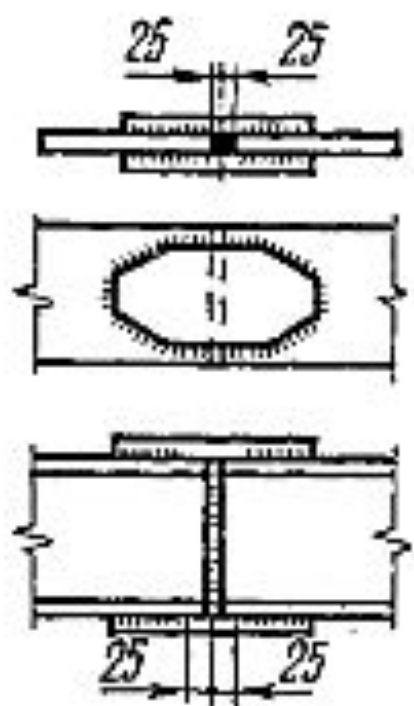


Лекция 8. Типы сварного соединения и расчет сварных соединений

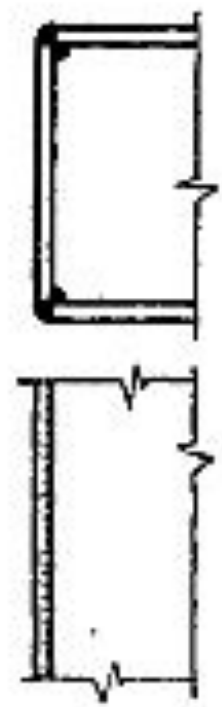
Таблица 2.2 Типы сварного соединения

Стыковое (а)	Внахлестку (б)	
	лобовыми швами	фланговыми швами
 <p>Прямой</p> <p>Косой</p>	 <p>$\geq 50^\circ$</p>	 <p>25</p> <p>25</p> <p>25</p> <p>25</p>

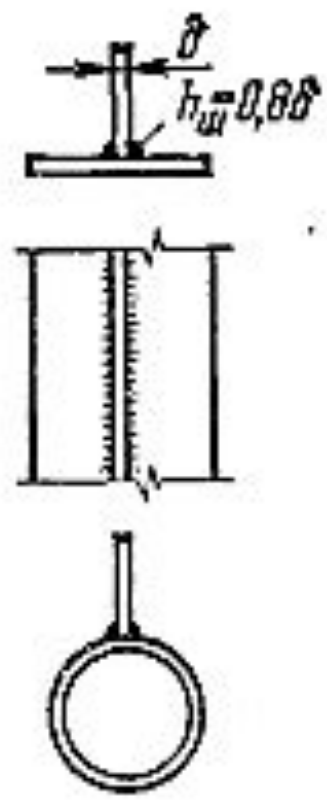
Комбинированное (в)



Угловое (г)



Впритык (д)
тавровое



Напряжения в сварном шве встык, работающем на растяжение или сжатие (табл. 2.2, а), определяются по формуле

$$\sigma_{ш} = \frac{N}{F_{ш}} = \frac{N}{\delta l_{ш}} \leq R_p^{св} \text{ или } R_{сж}^{св}, \quad (2.1)$$

где N — усилие, воспринимаемое сварным швом; δ — наименьшая толщина соединяемых деталей; $l_{ш}$ — расчетная длина шва, равная при наличии выводных планок ширине стыкуемых деталей, при их отсутствии уменьшается на 1 см.

Остальные обозначения приведены в табл. 2.4.

Таблица 2.4. Расчетные сопротивления $R^{св}$ сварных соединений

Сварные соединения	Напряженное состояние	Условное обозначение	Расчетные сопротивления в $кгс/см^2$ сварных соединений в конструкциях из стали класса						
			С38/23	С44/29	С46/33	С52/40	С60/45	С70/60	С85/75
			Встык	Сжатие	$R_c^{св}$	2100	2600	2900	3400
Растяжение:									
а) автоматическая сварка; полуавтоматическая и ручная сварка с физическим контролем качества швов	$R_p^{св}$	2100 (2600)		2600 (3000)	2900 (3100)	3400	3800	4400	5300
	б) полуавтоматическая и ручная сварка	$R_p^{св}$	1800	2200	2500	—	—	—	—
Угловые швы	Срез	$R_y^{св}$	1500	1800	2000	2200	2400	2800	3400
Встык	Срез	$R_{ср}^{св}$	1300	1500	1700	2000	2300	2600	3100

Примечания: 1. В скобках указаны расчетные сопротивления растяжению сварных соединений встык, эксплуатация которых возможна и после достижения металлом предела текучести.

2. Сварные соединения всех видов должны подвергаться визуальному контролю качества швов (наружный осмотр, измерение швов), а физический контроль качества шва (рентгено- и гаммаграфирование, ультразвуковая дефектоскопия, магнитографический способ) является дополнением к визуальному.

3. Для элементов из стали разных классов расчетное сопротивление сварного соединения встык принимается равным расчетному сопротивлению соединения встык из менее прочной стали.

4. Расчетные сопротивления сварных соединений встык установлены для швов, выполненных двусторонней сваркой или односторонней с подваркой корня шва.

5. При применении в соединяемых элементах конструкций проката более толстого, чем указано в приложении V, расчетные сопротивления сварных соединений устанавливаются в соответствии с расчетными сопротивлениями основного металла (примечание 2 к табл. 1.7).

При визуальных способах контроля такой шов не является равнопрочным с основным металлом (табл. 2.4), так как $R^{св} < R$ (R — расчетное сопротивление стали). В этом случае может быть выполнен косой шов (см. табл. 2.2, а), который является более трудоемким из-за сложности подгонки деталей и увеличения длины шва.

Напряжения в косом шве встык при растяжении или сжатии равны

$$\sigma_{ш} = \frac{N \sin \alpha}{\delta l_{ш}} \leq R_p^{св} \text{ или } R_{сж}^{св}. \quad (2.2)$$

В шве возникают срезающие напряжения, которые проверяются по формуле

$$\tau_{ш} = \frac{N \cos \alpha}{\delta l_{ш}} \leq R_{ср}^{св}. \quad (2.3)$$

Косые швы с заложением 1 : 2 равнопрочны с основным металлом и не требуют проверки.

При действии на соединяемые сварным швом элементы изгибающего момента M напряжения в шве равны:

$$\sigma_{ш} = \frac{M}{W_{ш}} \leq R_p^{св}. \quad (2.4)$$

Здесь момент сопротивления сварного шва $W_{ш}$ равен моменту сопротивления основного сечения.

Если изгибающий момент действует на соединение совместно с нормальной силой, то напряжения в стыковом шве проверяются по формуле

$$\sigma_{ш} = \frac{N}{F_{ш}} + \frac{M}{W_{ш}} = \frac{N}{\delta l_{ш}} + \frac{6M}{\delta l_{ш}^2} \leq R_p^{св}. \quad (2.5)$$

При работе соединения встык на срез касательные напряжения в сварном шве равны:

$$\tau_{ш} = \frac{QS}{I\delta} \leq R_{ср}^{св}, \quad (2.6)$$

где Q — поперечная сила; I, S — момент инерции и статический момент сопротивления шва; δ — наименьшая из толщин соединяемых элементов.

При действии изгибающего момента и поперечной силы на стыковое соединение напряжения в шве проверяются по формуле

$$\sigma_{прив} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2} \leq 1,15 R_p^{св}, \quad (2.7)$$

где σ_x, σ_y — нормальные напряжения от изгиба, определяемые по формуле (2.4); $\tau_{xy} = \frac{Q}{l_{ш}\delta}$ — среднее касательное напряжение от срезающей силы Q , определенное из условия равномерного распределения напряжений по сечению.

Угловые швы. Фланговые угловые швы воспринимают продольное усилие и работают на срез (табл. 2.2, б). Напряжения по длине шва распределяются неравномерно. Наибольшие касательные напряжения возникают в начале и конце шва, к середине шва напряжения выравниваются. Если усилие не передается по всей длине шва, то длина шва не должна превышать $l_{ш} \leq 50 h_{ш}$, иначе шов полностью не включится в работу.

Касательные напряжения в угловом фланговом шве принимаются равномерно распределенными по длине шва

$$\tau_{ш} = \frac{N}{F_{ш}} = \frac{N}{\beta h_{ш} l_{ш}} \leq R_y^{св}, \quad (2.8)$$

где $h_{ш}$ — толщина углового шва, принимаемая равной катету вписанного равнобедренного треугольника; β — коэффициент, принимаемый равным 1 для однопроходной; 0,9 — для двухпроходной автоматической сварок; 0,85 — для однопроходной, 0,8 — для двух- и трехпроходной полуавтоматической сварок; 0,7 — для ручной сварки, а также для многопроходной автоматической и полуавтоматической сварок; $R_y^{св}$ — расчетное сопротивление углового шва срезу. $l_{ш}$ — полная длина шва, если начало и конец его выводятся на подкладки в других случаях; $l_{ш} = l - 10$ мм.

Лобовые угловые швы воспринимают продольное усилие и рассчитываются условно на срез. В действительности эти швы находятся в сложном напряженном состоянии, работая на изгиб, растяжение (сжатие) и срез в связи с искривлением силового потока в месте соединения.

Касательные напряжения в лобовом шве проверяются по формуле (2.8).

При работе соединения с угловыми швами на изгиб напряжения по поверхности среза равны:

$$\sigma_{ш} = \frac{M}{W_{ш}} \leq R_y^{св}. \quad (2.9)$$

Здесь $W_{ш}$ — момент сопротивления сварного шва определяется по очертанию соединяющего шва, толщина которого принимается равной $(\beta h_{ш})$.

Угловые швы при одновременном действии срезающих напряжений в двух направлениях рассчитываются на равнодействующую этих напряжений

$$\sigma = \sqrt{\sigma_{\text{ш}}^2 + \tau_{\text{ш}}^2} \leq R_y^{\text{св}}. \quad (2.10)$$

Комбинированные соединения. В комбинированном соединении имеются различные виды швов (стыковые, угловые), которые работают совместно (табл. 2.2, в). Условно принято, что напряжения в швах распределяются равномерно по поверхности среза

$$\tau_{\text{ш}} = \frac{N}{\beta h_{\text{ш}} \Sigma l_{\text{ш}}} \leq R_y^{\text{св}}, \quad (2.11)$$

где $\Sigma l_{\text{ш}}$ — суммарная расчетная длина шва в соединении.

В соединениях со стыковыми швами и накладками напряжения в стыковом шве и в накладке принимаются одинаковыми

$$\sigma = \frac{N}{F_{\text{л}} + \Sigma F_{\text{н}}} \leq R_{\text{р}}^{\text{св}} \text{ или } R_{\text{сж}}^{\text{св}}, \quad (2.12)$$

где $F_{\text{л}}$ — площадь сечения соединяемых листов (площадь стыкового шва); $\Sigma F_{\text{н}}$ — суммарная площадь сечения накладок в рассматриваемом сечении.

В зависимости от усилия в накладке определяется длина сварных угловых швов из формулы (2.11)

$$N_{\text{н}} = \sigma F_{\text{н}}. \quad (2.13)$$

Расчетные сопротивления сварных швов зависят от вида соединения, напряженного состояния и класса стали. Приведенные в табл. 2.4 расчетные сопротивления сварных швов соответствуют соединениям, выполненным дву- или односторонней сваркой с подваркой корня шва. Если в соединениях встык подварку корня шва осуществить невозможно, расчетные сопротивления снижаются на 30%.

При обычных методах контроля, к которым относится наружный осмотр 100% швов, несущая способность сварного соединения при растяжении принимается равной $\approx 0,85 R$, где R — расчетное сопротивление основного металла.

Равнопрочность сварного соединения с основным металлом гарантируется при физических методах контроля, к которым относятся рентгено- и гаммапросвечивание, ультразвуковая дефектоскопия, магнитографические способы и др.

Для всех конструкций, за исключением тех, швы которых подвергаются физическим способам контроля, производится выборочная проверка качества швов ультразвуком или засверливанием.

В листовых конструкциях, предназначенных для хранения газа или жидкости, контролируется плотность сварных швов керосином, вакуумом или химическими методами. Если сосуды работают под давлением, то кроме плотности швов проверяется их прочность гидравлическим или воздушным давлением.

Применение методов контроля сварных соединений должно оговариваться в проекте.

Конструктивные требования. Проектируя сварные соединения, необходимо обеспечивать возможность применения механизированных способов сварки. Применение ручной сварки должно допускаться в основном при монтаже.

Катеты сварных швов назначаются равными 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16 мм. Швы толщиной более 8 мм являются многопроходными при ручной, более 16 мм — при автоматической и полуавтоматической сварке. Следует применять однопроводную сварку, как менее трудоемкую и более качественную. При сварке стыковых швов электрошлаковой сваркой размер шва не ограничивается.

Наибольшая толщина угловых швов не должна превышать 1,2 меньшей из толщин соединяемых элементов. При сварке прокатных профилей, имеющих закругленные кромки, катеты сварных швов должны приниматься в соответствии с табл. 2.5.

Таблица 2.5. Наименьшая толщина угловых швов вдоль кромок, имеющих закругления

Расположение шва	Толщина шва, мм				
	4	6	8	10	12
У пера уголков при толщине полки, мм	6	8	10	12	14
У полок двутавров	До № 14	№ 16—27	№ 30—40	№ 45	№ 50—60
У полок швеллеров	До № 12	№ 14—27	№ 30	№ 36—40	

При сварке в тавр (табл. 2,2, *д*) для обеспечения полного провара без разделки кромок катет шва принимается равным $h_{ш} = 0,8 \delta$.

Минимальная толщина шва, удовлетворяющая конструктивным и расчетным требованиям, принимается по табл. 2.6.

Таблица 2.6. Минимально возможные толщины швов

Толщина более толстого из свариваемых элементов, мм	До 10	11—20	21—30	31—50	50
Катет шва для углеродистых сталей	4	6	8	10	12
Катет шва для низколегированных сталей	6	8	10	12	—

Минимальная длина углового шва должна быть не менее 40 мм или $4h_{ш}$. Длина углового шва должна быть не более $50h_{ш}$. Если усилие передается на всем протяжении шва, то его длина не ограничивается.

Применение прерывистых швов допускается только при статических нагрузках для неответственных конструкций (площадки, настилы, ребра в настилах, обшивки). Расстояние между ними в сжатых элементах должно быть не более 15 толщин наиболее тонкого элемента, а в растянутых — не более 30.

Не допускается пересечение сварных швов в конструкциях, работающих на динамическую нагрузку. Стыки с накладками могут использоваться при статических нагрузках. В этом случае швы у накладок не доводятся до оси стыка на 25 мм. При динамических нагрузках соединение листовых деталей допускается только встык. Начало и конец шва выводятся на подкладки.

Если разница в толщине составляет больше 4 мм или $\frac{1}{8}$ толщины более тонкого листа, то в толстом листе устраивается скос с уклоном 1 : 5.

Расстояние между параллельными швами должно быть не менее 10 толщин основного элемента.

При статических нагрузках допускается любая форма сварного шва. При динамических нагрузках поверхность шва должна быть вогнутой с соотношением катетов для лобовых швов 1 : 1,5, для фланговых — 1 : 1.

Вышеуказанные требования необходимо учитывать при конструировании сварных соединений и указывать на чертеже. Другие требования, относящиеся к конструированию сварных соединений, приведены в главах, посвященных расчету конструкций.