

КУРС ЛЕКЦИЙ-ПРЕЗЕНТАЦИЙ  
по дисциплине  
**«Проектирование  
сварных конструкций»**

лекция №5

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ:

к.т.н., ст. преп. кафедры «ОиТСП»

БЕНДИК Татьяна Ивановна

# СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИИ

## **Тема 3. Конструирование и расчет сварных соединений при действии статических нагрузок.**

- Расчет соединений, выполняемых контактной сваркой: точечной, рельефной, шовной, стыковой
- Способы повышения прочности соединений и уменьшения катета угловых швов, снижение металлоемкости сварных конструкций.
- Ресурсосберегающие технологические процессы при выполнении соединений с угловыми швами.

# РАСЧЕТ СОЕДИНЕНИЙ, ВЫПОЛНЯЕМЫХ КОНТАКТНОЙ ТОЧЕЧНОЙ СВАРКОЙ

Контактную точечную сварку применяют в соединениях конструкций кузовов, в сельскохозяйственных машинах (комбайнах, сеялках, косилках, тракторах и т. п.), авиационных конструкциях, арматуре из железобетона и т.д. В большинстве случаев точечной сваркой сваривают листовые конструкции при условии расположения электродов с двух сторон свариваемых частей. Это предъявляет определенные требования к габариту конструкций (рисунок 4).

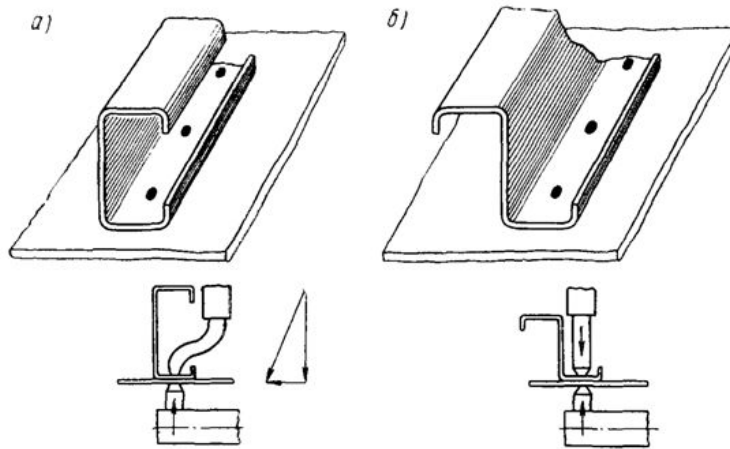


Рисунок 4 - Примеры соединений при контактной точечной сварке:

а) нерациональная конструкция; б) рациональная конструкция

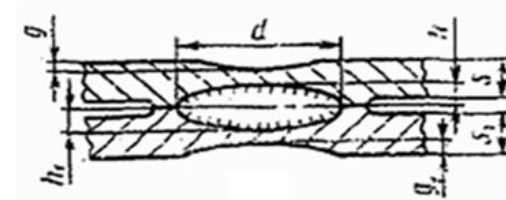


Рисунок 5 – Конструктивные элементы соединения при контактной точечной сварке:

$d$  - диаметр литого ядра или ширина литой зоны шва;

$h$  – глубина проплавления;

$g$  – глубина вмятины;

Прочность сварных соединений при контактной точечной сварке зависит от диаметра ядра точки  $d$  (рисунок 5), который устанавливается ГОСТ 15878-79 «Контактная сварка. Соединения сварные. Конструктивные элементы и размеры» в зависимости от толщины свариваемых деталей  $S$ .

Минимальный диаметр ядра можно вычислить по следующей зависимости:

$$d = 2S + 3, \text{ и } i$$

Расстояние между центрами точек в соединении называется шагом  $t$  (рисунок 6), который назначается из технологических и конструктивных соображений. Для предотвращения шунтирования сварочного тока через соседние точки шаг должен быть равен:

$$t \geq (3 \div 5)d$$

Сварные соединения при точечной сварке могут работать на срез (рисунок 6, а) и отрыв (рисунок 6, б).

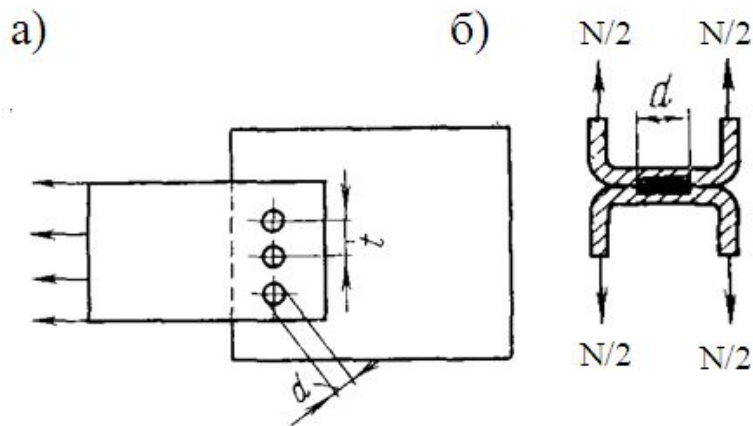


Рисунок 6 – Схемы точечных сварных соединений:

- а) работа точек на срез;
- б) работа точек на отрыв

Точки в сварном соединении следует располагать таким образом, чтобы они **воспринимали преимущественно усилия среза, а не отрыва**. На рисунке 7, а представлена нерациональная конструкция, точки в ней работают на отрыв; на рисунке 7,б рациональная — точки работают на срез.

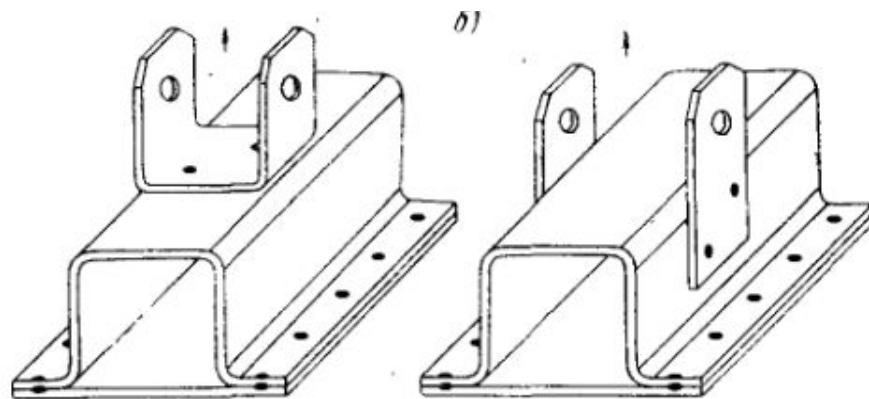


Рисунок 7 – Детали, сваренные точечной сваркой:

- а) нерациональная конструкция;
- б) рациональная конструкция

При расчете сварных соединений, выполняемых контактной точечной сваркой, как правило, требуется определить требуемое количество точек исходя из следующей зависимости:

$$\tau = \frac{N}{A_{\text{среза}}} = \frac{N}{\frac{\pi d^2}{4} \cdot n} \leq [\tau']$$

$[\tau']$  - допускаемое напряжение в точке при срезе;  
d – диаметр точки;  
n – количество точек.

При назначении диаметра сварной точки согласно ГОСТ 15878-79 расчет прочности сварной точки можно производить только на срез. При работе сварной точки на отрыв расчетное напряжение будет равно:

$$\sigma = \frac{N}{A_{\text{отрыва}}} = \frac{N}{\frac{\pi d^2}{4} \cdot n} \leq [\sigma']$$

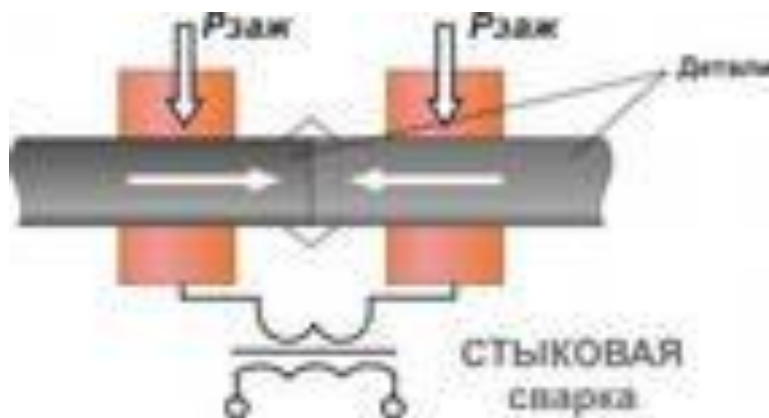
$[\sigma']$  - допускаемое напряжение в точке при отрыве  $[\sigma'] < [\tau']$

При контактной точечной и роликовой сварках допускаемые напряжения в конструкциях могут быть приняты: на срез  $[\tau'] \leq 0,4 \div 0,5$  от  $[\sigma]_p$ , на отрыв  $\leq 0,25 \div 0,3 [\sigma]_p$ . Эти цифры условны. Для установления допускаемых напряжений в этих случаях следует пользоваться данными специально проведенных экспериментов.

## РАСЧЕТ СОЕДИНЕНИЙ, ВЫПОЛНЯЕМЫХ КОНТАКТНОЙ СТЫКОВОЙ СВАРКОЙ

Контактная стыковая сварка эффективно применяется при сварке изделий в массовом производстве, например арматуры железобетона, типизированных конструкций рам, продольных швов труб. Хорошо свариваются конструкции из низкоуглеродистых, углеродистых, низколегированных и некоторых высоколегированных сталей с площадью поперечного сечения до нескольких сотен квадратных сантиметров.

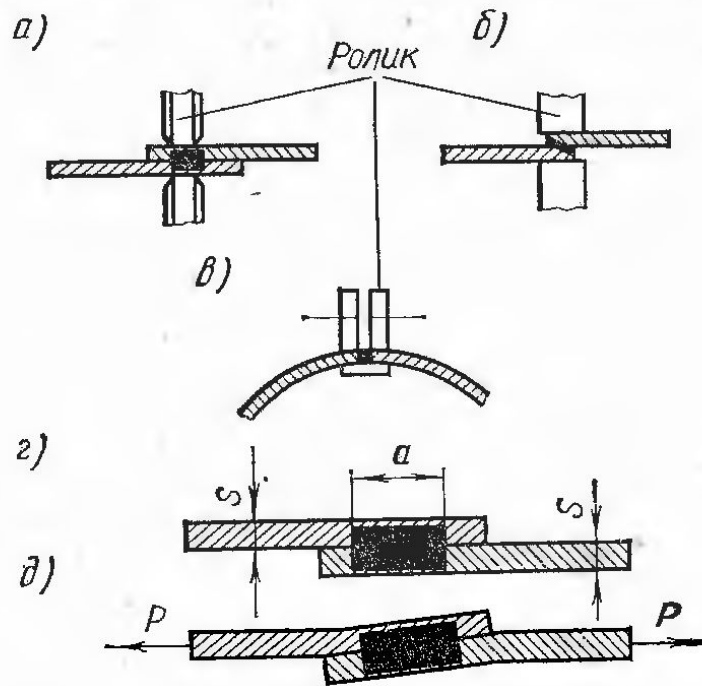
Специальный расчет прочности стыков, сваренных контактной стыковой сваркой и работающих под статической нагрузкой, не производится. Прочность стыка обеспечивается прочностью самого элемента.



## РАСЧЕТ СОЕДИНЕНИЙ, ВЫПОЛНЯЕМЫХ КОНТАКТНОЙ ШОВНОЙ СВАРКОЙ

При шовной сварке между соединяемыми элементами образуется шов путем постановки ряда точек, перекрывающих друг друга.

Нахлесточные соединения образуют в соединениях эксцентриситеты, в результате которых возникают помимо основных продольных сил изгибающие моменты. При этом прямолинейные элементы несколько искривляются (см. рисунок)



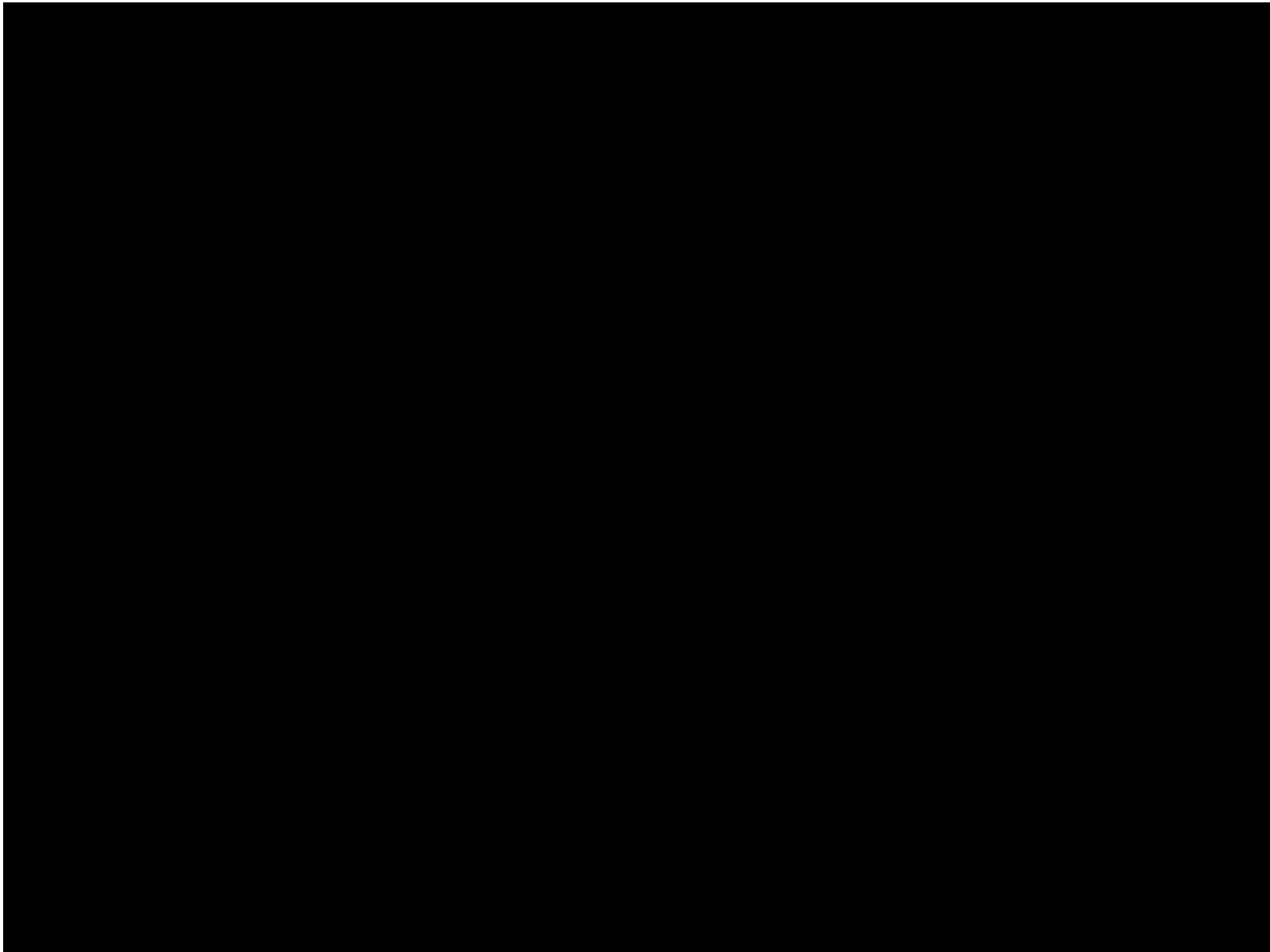
Поскольку элементы, свариваемые шовной сваркой, имеют малые толщины, влияние изгибающего момента незначительно и его при расчете прочности не учитывают. Напряжение в швах при шовной сварке определяют по усилию среза:

$$\sigma = P/(la),$$

где  $P$  – действующая в соединении сила;  
 $a$  – ширина шва;  
 $l$  – длина шва

Рис. 2.18. Соединения при шовной сварке:

$a$  – нахлесточное без скоса кромок;  $б$  – нахлесточное со скосом кромок (редко применяется);  $в$  – стыковое без подготовки кромок (редко применяется);  $г$  – сечение шва;  $д$  – деформация соединения после приложения растягивающей силы





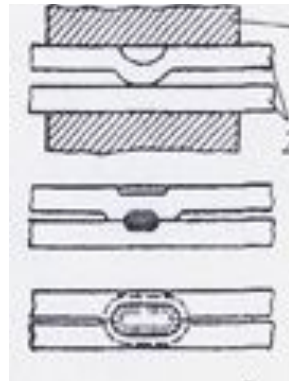
# РАСЧЕТ СОЕДИНЕНИЙ, ВЫПОЛНЯЕМЫХ КОНТАКТНОЙ РЕЛЬЕФНОЙ СВАРКОЙ

При рельефной сварке соединение деталей происходит в результате концентрации сварочного тока в местах ограниченных местными выступами (рельефами). При этом площадь сварного соединения зависит от типа рельефа.

Наиболее часто применяются следующие формы рельефов:

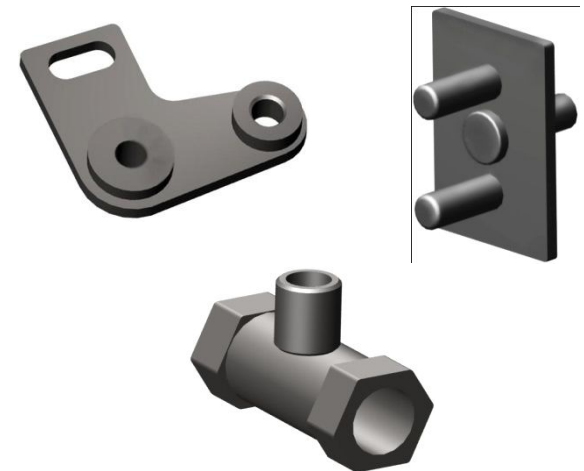
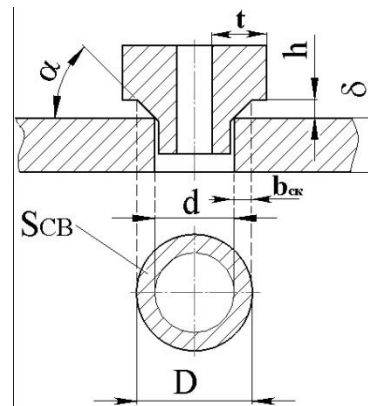
- **круглые рельефы** (расчет прочности осуществляется по тем же формулам, что и при точечной сварке)  $d$  – диаметр сварной точки

$$\tau = \frac{N}{A_{\text{среза}}} = \frac{N}{\frac{\pi d^2}{4} \cdot n} \leq [\tau']$$



- **кольцевые рельефы**, проверка прочности осуществляется по следующей зависимости

$$\sigma = \frac{N}{\frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)} \leq [\sigma']$$



## СПОСОБЫ УМЕНЬШЕНИЯ МАССЫ НАПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА В УГЛОВЫХ ШВАХ

Швы тавровых, нахлесточных и угловых соединений могут быть разделены на 2 группы: конструктивные (связующие) и расчетные.

К **конструктивным** относят соединительные швы, не предающие усилия с элемента на элемент, а также слабонагруженные, передающие с одного элемента на другой сравнительно небольшие усилия.

**КАТЕТ КОНСТРУКТИВНЫХ УГЛОВЫХ ШВОВ СЛЕДУЕТ УСТАНОВЛИВАТЬ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТОЛЩИНЫ СВАРИВАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.**

В таблице 1 приведены минимальные катеты угловых швов (выполняемых дуговой сваркой), которые следует назначать при проектировании соединений.

Таблица 1

Сварка	Предел теку- чести стали, МПа	Минимальный катет углового шва, мм, при толщине более толстого из свариваемых элементов, мм							
		3—4	4—5	5—10	10—16	16—22	22—32	32—40	40—80
Под флюсом (ГОСТ 8713—79)	<390	3	3	4	5	6	7	8	9
В углекислом газе (ГОСТ 14771—76*)	390—440	3	4	5	6	7	8	9	10
Ручная дуговая (ГОСТ 5264—80)	<390	3	4	5	6	7	8	9	10
	390—440	4	5	6	7	8	9	10	11

## СПОСОБЫ УМЕНЬШЕНИЯ МАССЫ НАПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА В УГЛОВЫХ ШВАХ

К **расчетным** относят угловые швы, которые передают усилие с одного элемента на другой. Их размеры устанавливаются на основании расчета соединений на прочность по формуле:

$$\tau = \frac{N}{A_{\text{среза}}} = \frac{N}{\beta \cdot K \cdot L} \leq [\tau']$$

где площадь расчетного сечения зависит от катета шва и глубины проплавления.

Глубина проплавления, в свою очередь, оценивается коэффициентом  $\beta$ , зависящим от вида и технологии сварки. **Снижению катета шва** способствует применение механизированных способов сварки, увеличивающих глубину проплавления (для РДС  $\beta=0,7$ ; сварка в углекислом газе  $\beta=0,8$ ; сварка под флюсом  $\beta=1$ ).

Снижению катета шва способствует **применение сварочных материалов, имеющих более высокую прочность по сравнению с основным металлом** (не более чем в 1,2-1,4 раза).

Например, применение сложнoleгированной проволоки Св - 08ГСМТ вместо Св-08Г2С позволяет снизить массу наплавленного металла на 50 % (+ но обязательны дополнительные исследования технологической прочности сварных соединений).

На рисунке показаны соотношения между катетами швов при РДС электродами типа Э50 (вместо Э42), обеспечивающих увеличение прочности металла шва в 1,2 раза по сравнению с Э42 и сократить объем наплавленного металла в 1,5 раза.

В ГОСТ 14771-76 указана возможность уменьшения катета угловых швов при замене РДС сваркой в углекислом газе.

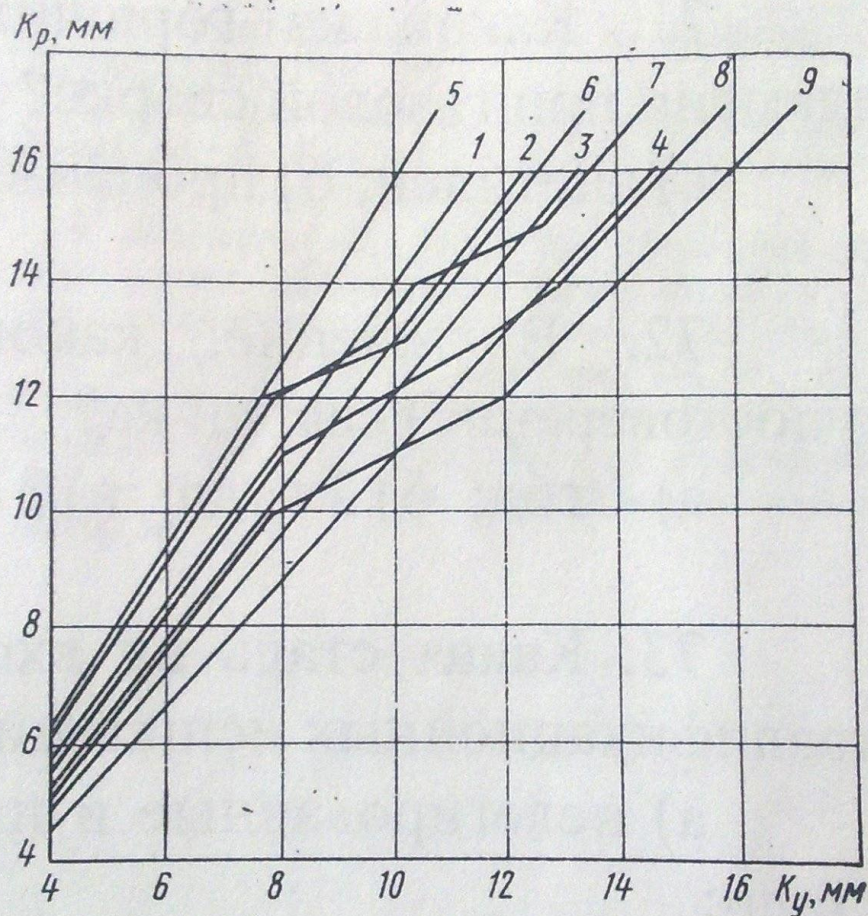


Рис. 2. Соотношения между катетами  $K_p$  расчетных угловых швов при ручной дуговой сварке и катетами  $K_y$  равнопрочных швов, уменьшенными в результате использования рациональной технологии сварки: 1—4 — при сварке покрытыми электродами, которые обеспечивают увеличение временного сопротивления разрыву металла шва соответственно в 1,1; 1,2; 1,3; 1,4 раза (ГОСТ 5264—80); 5, 6 — при сварке под флюсом проволокой диаметром 3—5 мм соответственно в положении «в лодочку» и в нижнем (ГОСТ 8713—79); 7—9 — при сварке в углекислом газе проволокой Св-08Г2С взамен электродов соответственно типа Э42, Э46 и Э50 (ГОСТ 14771—76\*)

## СПОСОБЫ УМЕНЬШЕНИЯ МАССЫ НАПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА В СТЫКОВЫХ ШВАХ

Для уменьшения массы наплавленного металла в стыковых швах используется:

- применение минимальных углов разделки кромок и ужесточение предельных отклонений, указанных в ГОСТах;
- строгое соблюдение размеров сварных швов, требованиям ГОСТов;
- для толстолистового металла целесообразно использовать X-образную разделку кромок;
- применение однопроходной автоматической сварки.

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		s=s <sub>1</sub>	e		g	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва		Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
C25			От 8 до 11	10	±2	0,5	+1,5
			Св. 11 до 14	12			-0,5
			Св. 14 до 17	14			
			Св. 17 до 20	16	±3	0,5	+2,0 -0,5
			Св. 20 до 24	18			
			Св. 24 до 28	20			
			Св. 28 до 32	22			
			Св. 32 до 36	24			
			Св. 36 до 40	26			
			Св. 40 до 44	28			
			Св. 44 до 48	30			
			Св. 48 до 52	32			
			Св. 52 до 56	34			
			Св. 56 до 60	36	±4	0,5	+3,0 -0,5
			Св. 60 до 64	39			
			Св. 64 до 70	42			
			Св. 70 до 76	45			
			Св. 76 до 82	48			
			Св. 82 до 88	51			
			Св. 88 до 94	54			
Св. 94 до 100	57						
Св. 100 до 106	60						
Св. 106 до 112	63						
Св. 112 до 118	66						
Св. 118 до 120	68						

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ**

**КАКИЕ БУДУТ ВОПРОСЫ?**