УДК 69.07

Алексеева Е.А.,
студент магистратуры
2курс, кафедра «Строительство»
Череповецкий Государственный Университет
Россия, г. Череповец

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗАМЕНЫ МОНТАЖНОГО СТЫКА С ПОЛНЫМ ПЕРЕКРЫВАНИЕМ СТЕНКИ НАКЛАДКАМИ НА ЧАСТИЧНОЕ ПЕРЕКРЫВАНИЕ СТЕНКИ НАКЛАДКАМИ

Аннотация: *Статья посвящена снижению количества болтов в монтажных стыках металлических балок. В статье приведен пример расчета количества болтов при полном перекрывании стенки накладкой и при частичном перекрывании стенки накладками. Также в статье приведена сводная таблица с процентом уменьшения количества болтов и площади накладок при различных высотах балки.*

Ключевые слова: *балка, монтажный стык, болтовое соединение, эффективность, экономия, снижение количества болтов, накладки.*

Annotation: *The article is devoted to reducing the number of bolts in the assembly joints of metal beams. The article provides an example of calculating the number of bolts with the overlap of the wall with the overlay and with the overlap of the wall with the overlays. The article also contains a summary table with the percentage of reducing the number of bolts and the area of the plates at different heights of the beam.*

Key words: *beam, assembly joint, bolted connection, efficiency, economy, reduced bolt count, patch.*

В настоящее время актуальным остается вопрос о разработке новых конструктивных и технологических решений болтовых соединений. Данный

вопрос решается с целью снижения расхода высокопрочных болтов и одновременного повышения эффективности использования каждого отдельно взятого болта.

Для снижения трудоемкости изготовления и монтажа автор работы [1] предлагает для блоков двутаврового сечения использование вертикальных верхних и нижних стыковых накладок с частичным перекрыванием стенок смежных блоков. При этом торцевые кромки стенок смежных блоков имеют криволинейные вырезы на участках под стыковыми накладками.

Криволинейные вырезы могут иметь различные варианты: 1 вариант - эллиптическая форма (рисунок 1), 2 вариант - близкая к кругу (рисунок 2).

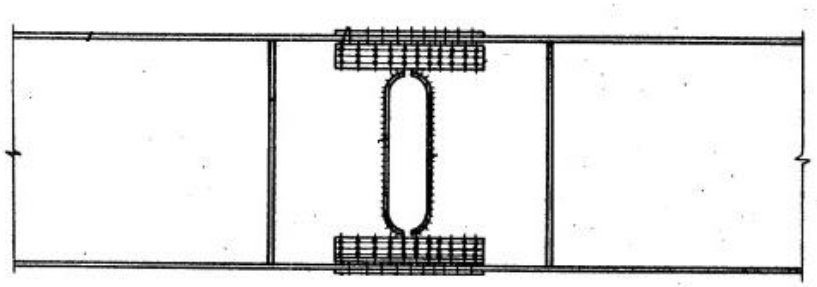

Рисунок 1 - Вариант 1: конструкция с эллептическим вырезом на конце участка блока двутаврового сечения

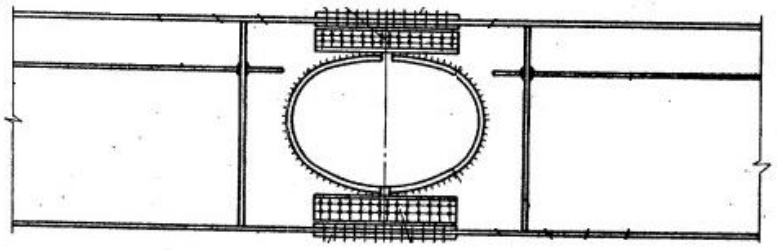

Рисунок 2 - Вариант 2: конструкция с формой выреза близкой к круговой на конце участка блока двутаврового сечения

Предлагаемая конструкция является рациональной при использовании в пролетных строениях при высоте стенок свыше 1,5 м и обеспечивает снижение трудоемкости и монтажа конструкции за счет возможного сокращения количества болтов на каждый стык от 1,3 до 2 [1].

Для снижения материалоемкости, себестоимости конструкций и снижения затраты на изготовление и монтаж необходимо исследовать эффективность замены стыка с полным перекрыванием стенки накладками на частичное перекрывание стенки накладками.

Необходимо рассмотреть различные варианты высот балок и рассчитать экономическую эффективность. В данной статье рассматривается пример расчета количества болтов в стыке балки с h=1,6 м. Укрупнительный стык размещается в середине пролета балки. Усилия M и Q в расчетном сечении: M_1 = 3990,5 кН·м; Q_1 = 0; I_w = 281250 см^4; I_x = 1254426 см^4.

А) Расчет количества болтов для стыка стенки с полным перекрыванием стенки накладками (рисунок 3).

Стенка балки перекрывается двумя листовыми накладками с толщиной t_w = 10 мм. Стык осуществляется высокопрочными болтами диаметром 20 мм из стали 40Х «Селект», с временным сопротивлением материала болта разрыву R_{bun} = 1078 МПа. Несущая способность одного высокопрочного болта, имеющего две плоскости трения, равна Q_{bh} = 138,7 кН.

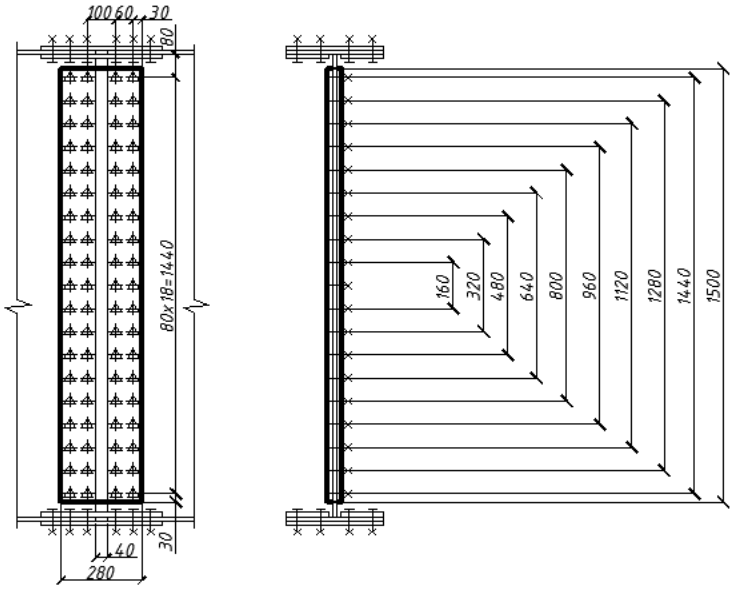

Рисунок 3 - Конструкция стыка с полным перекрыванием стенки накладками

Изгибающий момент, действующий на стенку, определяется по формуле:

$$M_w = M_{max} \cdot \frac{I_w}{I_x} = 4932{,}7 \cdot \frac{431333}{1630515} = 1304{,}9 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Принимается расстояние между крайними по высоте рядами болтов $a_{\max} = h_w - (120\ldots 180)$ мм = 1600 – 160 = 1440 мм = 1,44 м

Задается число горизонтальных рядов болтов K = 19, устанавливается расстояние между болтами по вертикали:

$$a = \frac{a_{max}}{K-1} = \frac{1{,}44}{19-1} = 0{,}08 \text{ м} = 80 \text{ мм}$$

Максимальное горизонтальное усилие от изгибающего момента, действующее на каждый крайний наиболее нагруженный болт, равно:

$$N_{max} = M_w \cdot \frac{a_{max}}{m \cdot \sum a_i^2} = 1304{,}9 \cdot \frac{1{,}44}{2 \cdot 72960 \cdot 10^{-4}} = 128{,}8 \text{ кН}$$

где m = 2 – количество вертикальных рядов болтов на полу накладки;

$\Sigma a_i^2 = 144^2 + 128^2 + 112^2 + 96^2 + 80^2 + 64^2 + 48^2 + 32^2 + 16^2 = 72860$ см^2

Усилие на один болт от действия поперечной силы V = 0, так как Q = 0. Равнодействующее усилие от момента и поперечной силы в наиболее напряженных крайних болтах стенки равно:

$$s = \sqrt{N_{max}^2 + V^2} = 128{,}8 \text{ кН}$$

$S = 128{,}8$ кН $< Q_{bh} = 138{,}7$ кН - прочность стыка стенки обеспечена.

Б) Расчет количества болтов для стыка стенки с частичным перекрыванием стенки накладками (рисунок 4).

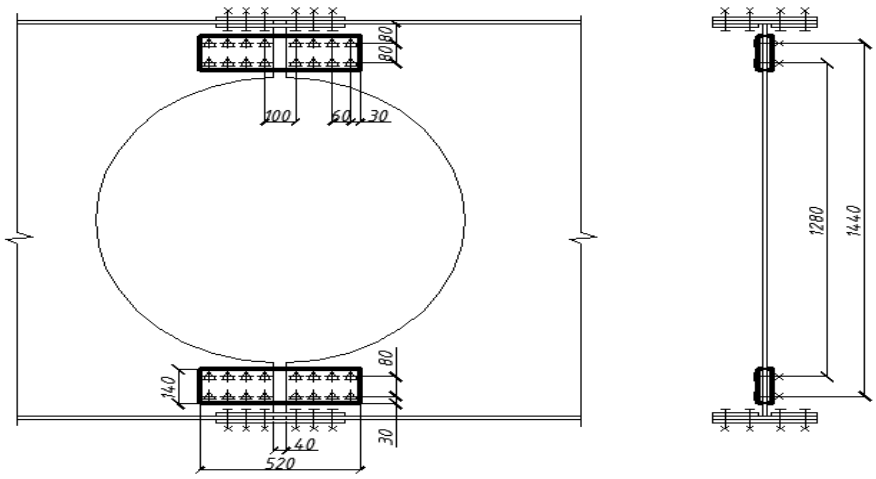

Рисунок 4 - Конструкция стыка с частичным перекрыванием стенки накладками

Изгибающий момент, действующий на стенку, определяется по формуле:

$$M_w = M_{max} \cdot \frac{I_w}{I_x} = 4932{,}7 \cdot \frac{431333}{1630515} = 1304{,}9 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Принимается расстояние между крайними по высоте рядами болтов $a_{\max} = h_w$ – (120… 180) мм = 1500 – 160 = 1440 мм = 1,44 м

Задается расстояние между болтами по вертикали: a = 80 мм

Максимальное горизонтальное усилие от изгибающего момента, действующее на каждый крайний наиболее нагруженный болт, равно:

$$N_{max} = M_w \cdot \frac{a_{max}}{m \cdot \sum a_i^2} = 1304{,}9 \cdot \frac{1{,}44}{4 \cdot 37120 \cdot 10^{-4}} = 126{,}6 \text{ кН}$$

где m = 3 – количество вертикальных рядов болтов на полу накладки;

$\Sigma a_i^2 = 144^2 + 128^2 = 37120$ см^2

Усилие на один болт от действия поперечной силы V = 0, так как Q = 0. Равнодействующее усилие от момента и поперечной силы в наиболее напряженных крайних болтах стенки равно:

$$s = \sqrt{N_{max}^2 + V^2} = 126{,}6 \text{ кН}$$

$S = 126{,}6$ кН $< Q_{bh} = 138{,}7$ кН - прочность стыка стенки обеспечена.

Показатели по экономической эффективности при уменьшении количества болтов представлены в таблице 1. Показатели по экономической эффективности при замене полного перекрывания стенки накладками на частичное при различных высотах балки представлены в таблице 2.

Таблица 1.

Сводная таблица показателей по экономической эффективности при уменьшении количества болтов в стыке стенки

Высота балки	$\frac{M_w}{M_{max}}$	Количество болтов при полном перекрытии стыка накладками			Количество болтов при частичном перекрытии стыка накладками			Процент уменьшения количества болтов, %	
		Кол-во болтов	Кол-во болтов	Общее кол-во	Кол-во болтов	Кол-во болтов	Общее кол-во	На стенке	В стыке

		на стенке	на полке	болтов в стыке	на стенке	на полке	болтов в стыке		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1,5 м	0,22	72	72	144	24	72	96	66,7	33,3
1,6 м	0,26	76	72	148	32	72	104	57,9	29,7
1,7 м	0,3	120	80	200	40	80	120	66,7	40
1,8 м	0,26	88	80	168	40	80	120	54,5	28,6
1,9 м	0,25	92	80	172	40	80	120	56,5	30,2
2 м	0,2	96	112	208	32	112	144	66,7	30,8

Таблица 2.

Сводная таблица показателей по экономической эффективности при замене полного перекрывания стенки накладками на частичное

Высота балки	$\frac{M_w}{M_{max}}$	Площадь накладок, необходимых для полного перекрытия стыка стенки, м^2	Площадь накладок, необходимых для частичного перекрытия стыка стенки, м^2	Процент уменьшения площади накладок, %
1,5 м	0,22	0,8064	0,192	76,2
1,6 м	0,26	0,84	0,2496	70,3
1,7 м	0,3	0,9072	0,3072	66
1,8 м	0,26	0,9744	0,3584	63,2
1,9 м	0,25	1,0192	0,3584	64,8
2 м	0,2	1,064	0,2912	72,6

Таким образом, стык балки предложенный в [1] является эффективным и можно сделать вывод, при использовании частичного перекрывания стенки балки накладками снижает расход высокопрочных болтов на 55-66% и уменьшает площадь накладок на 64-76%. При этом условие прочности стыка выполняется.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Патент № 9885278/29-33, 30.09.1980. СССР // Металлическая сплошностенчатая конструкция (ее варианты) // Данков В.С., Стрелецкий Н.Н.