

**УДК 69.07**

ДОБРАЧЕВ В.М., к.т.н., доцент (НГАСУ),

г. Новосибирск, Россия

ВЕРШИНИН Д.С., ассистент (КузГТУ)

г. Кемерово, Россия

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ В КОНСТРУКЦИЯХ РАМНЫХ УЗЛОВ КАРКАСОВ ЗДАНИЙ**

В связи с широким распространением рамных систем в многоэтажных зданиях, снижение расхода стали в таких системах является достаточно актуальной проблемой. Исследования сопряжения ригеля с колонной позволили разработать целый ряд типовых конструктивных решений узловых сопряжений ригель-колонна. [1, 2]

По степени защемления все узлы сопряжения балки с колонной можно разделить на шарнирные, жесткие и полужесткие. Граница между шарнирными и жесткими узлами с полужесткими условна. Объясняется это тем, что в большинстве случаев при шарнирном сопряжении имеется некоторое защемление балки в колонне, а при жестком сопряжении – податливость. Исследованию проблемы границы между жесткими, шарнирными и полужесткими узлами посвящены работы. [3]

В Российских нормах проектирования нет четкой классификации узлов в зависимости от степени защемления, но в узлах соединения ригелей с колоннами допускается применение стальных накладок работающих в пластической стадии для перераспределения изгибающих моментов. В зарубежных нормах все узлы делятся на простые (шарнирные), жесткие и полужесткие.

Целью нового конструктивного решения [4] является повышение несущей способности жесткого узла сопряжения балки с колонной, за счет использования высокопрочной затяжки с предварительным натяжением (рис. 1). Высокопрочная затяжка с предварительным натяжением, работающая на растяжение, участвует в передаче изгибающего момента с балки на колонну, а также в результате предварительного напряжения, увеличивает несущую способность балки. Использование высокопрочной затяжки приводит к уменьшению высоты балки перекрытия и снижению расхода стали на ригели перекрытия.

Для определения наиболее экономичного варианта узла сопряжения балок перекрытия и колонн был выполнен статический расчет методом конечных элементов (в программных комплексах Robot и Ansys) поперечной рамы 5-ти этажного двухпролетного здания, подбор сечений балок перекрытия и конструирование узлов сопряжения балок с колоннами.

В расчете учитывалась постоянная нагрузка от веса металлоконструкций и железобетонного перекрытия, полезная нормативная нагрузка (принята равной  $400 \text{ кгс/м}^2$ ) и ветровое давление. Высота этажа – 3,6 м, пролет здания принимался равным 6, 9 и 12 м, шаг поперечных рам также принимался равным 6, 7, 8 и 9 м.

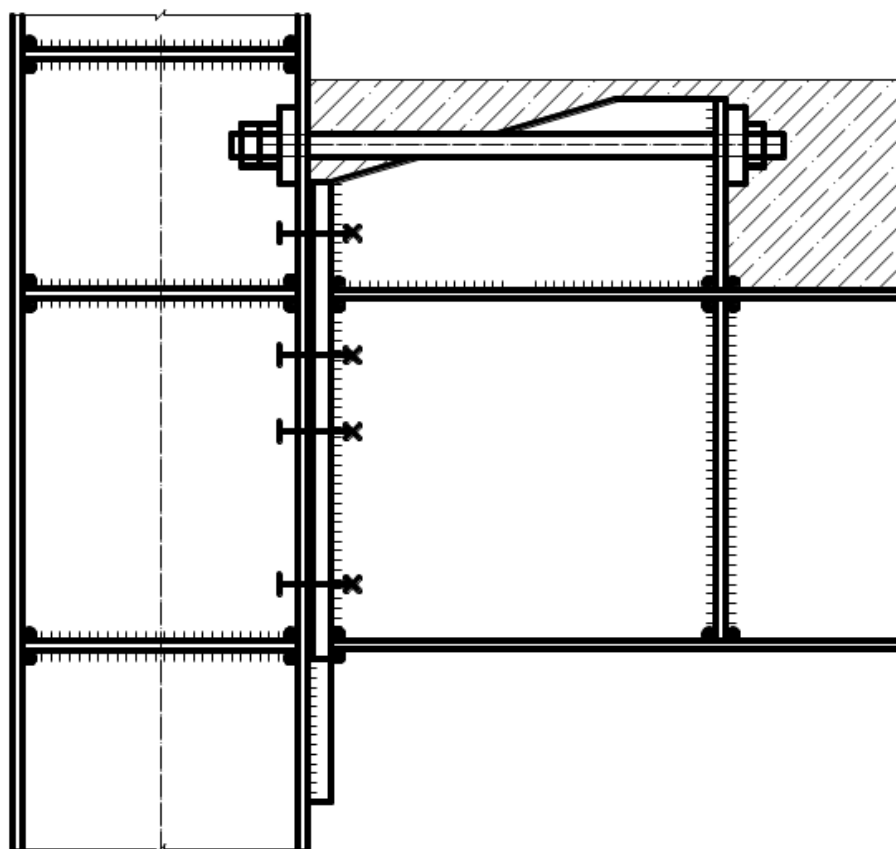


Рис. 1. Новое конструктивное решение рамного узла

Сравнение было выполнено по 4 вариантам узлов сопряжения балок с колоннами – балки с жестким узлом сопряжения с колоннами (классический узел на накладках и фланцевый узел); балки с полужестким узлом сопряжения с колоннами и новое конструктивное решение – балки с предварительно напряженными затяжками.

При подборе балок, была принята сталь С245, для фланцев – С345. При подборе сечений затяжек, была принята сталь 40Х.

В таблице 1 и на рисунке 2 представлен расход металла на балки перекрытий с учетом конструктивных коэффициентов, а в таблице 2 представлена стоимость приведенных затрат на балки перекрытия в ценах 2014 г., т. е. помимо стоимости материалов учитываются затраты на изготовление и монтаж конструкции. При подсчете стоимости приведенных затрат, потребность в ресурсах определялась исходя из ГЭСН, а стоимость

соответствующих ресурсов исходя из ТЕР с учетом переводных коэффициентов.

Анализируя таблицы 1, 2, видно, что наиболее экономичным вариантом жесткого сопряжения балки с колонной является новое конструктивное решение.

По критерию суммарного расхода металла новое решение экономичнее в среднем на 25 %, по критерию приведенных затрат – на 30 %.

Таблица 1

Суммарный расход металла на балки перекрытий

Пролет, м	Суммарный расход металла при типе сопряжения и шаге поперечных рам, кг/м <sup>2</sup> /% от 1Б варианта							
	1А вариант – Узел на накладках				1Б вариант – Жесткий фланцевый узел			
	Шаг 6 м	Шаг 7 м	Шаг 8 м	Шаг 9 м	Шаг 6 м	Шаг 7 м	Шаг 8 м	Шаг 9 м
6	<u>6,705</u> 90	<u>6,591</u> 92	<u>6,56</u> 93	<u>6,335</u> 95	<u>7,444</u> 100	<u>7,196</u> 100	<u>7,068</u> 100	<u>6,646</u> 100
9	<u>13,617</u> 96	<u>13,466</u> 97	<u>13,385</u> 98	<u>13,398</u> 100	<u>14,171</u> 100	<u>13,859</u> 100	<u>13,625</u> 100	<u>13,443</u> 100
12	<u>17,609</u> 97	<u>17,133</u> 98	<u>17,191</u> 98	<u>17,068</u> 99	<u>18,193</u> 100	<u>17,451</u> 100	<u>17,531</u> 100	<u>17,273</u> 100
	2 вариант – Полужесткий фланцевый узел				3 вариант – Новое конструктивное решение			
6	<u>6,281</u> 84	<u>5,819</u> 81	<u>5,966</u> 84	<u>5,727</u> 86	<u>6,209</u> 83	<u>6,144</u> 85	<u>6,102</u> 86	<u>5,747</u> 86
9	<u>11,340</u> 80	<u>11,161</u> 79	<u>11,006</u> 81	<u>11,243</u> 84	<u>9,284</u> 66	<u>9,902</u> 71	<u>9,375</u> 69	<u>9,279</u> 69
12	<u>15,099</u> 83	<u>14,637</u> 84	<u>14,233</u> 81	<u>14,616</u> 85	<u>12,408</u> 68	<u>12,013</u> 69	<u>11,942</u> 68	<u>12,683</u> 73

Также исследовалась работа узлов без предварительного напряжения затяжки и без использования высокопрочных предварительно напряженных болтов. Анализ распределения внутренних усилий в этих узлах показал, что они не могут конкурировать по расходу металлу и критерию приведенных затрат с узлом с предварительно напряженной затяжкой и натянутыми высокопрочными болтами.

Таким образом, на основании проведенных исследований эффективности рамных узлов, можно сделать вывод, что наиболее экономичным вариантом по критерию расхода металла и приведенных затрат является новое конструктивное решение, это позволяет выбрать данный узел для дальнейших исследований.

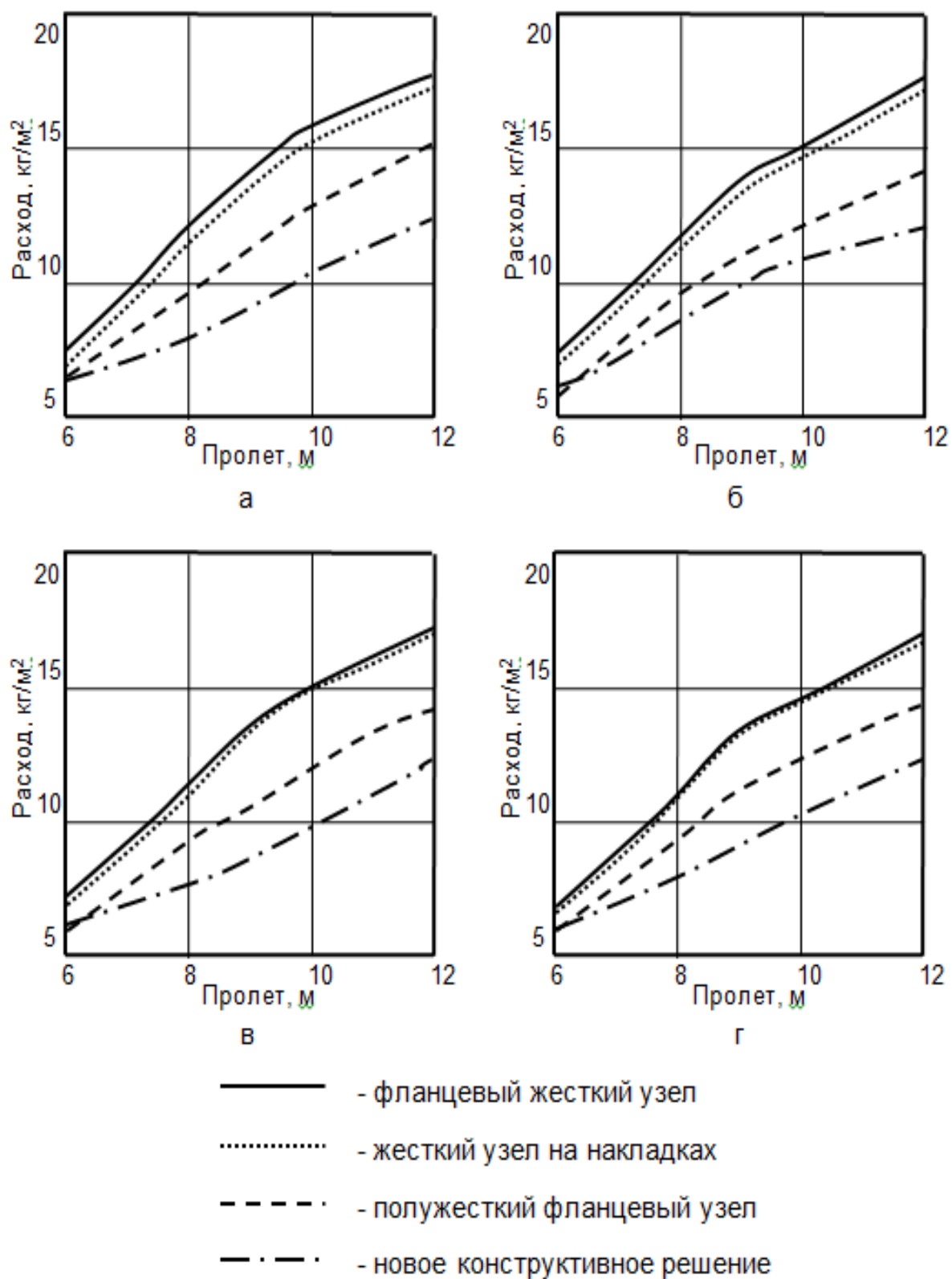


Рис. 2. Графики расхода металла на ригели перекрытия  
при шаге поперечных рам:  
а – 6 м, б – 7 м, в – 8 м, г – 9 м

Приведенные затраты на балки перекрытий

Пролет, м	Приведенные затраты при типе сопряжения и шаге поперечных рам, руб./м <sup>2</sup> /% от 1Б варианта							
	1А вариант – Узел на накладках				1Б вариант – Жесткий фланцевый узел			
	Шаг 6 м	Шаг 7 м	Шаг 8 м	Шаг 9 м	Шаг 6 м	Шаг 7 м	Шаг 8 м	Шаг 9 м
6	<u>442,53</u> 100	<u>435,01</u> 100	<u>432,96</u> 100	<u>418,11</u> 100	<u>446,64</u> 101	<u>431,76</u> 99	<u>424,08</u> 98	<u>398,76</u> 95
9	<u>898,72</u> 100	<u>888,76</u> 100	<u>883,41</u> 100	<u>884,27</u> 100	<u>850,26</u> 95	<u>831,54</u> 93	<u>817,5</u> 93	<u>806,58</u> 91
12	<u>1162</u> 100	<u>1131</u> 100	<u>1135</u> 100	<u>1126</u> 100	<u>1092</u> 94	<u>1047</u> 93	<u>1052</u> 93	<u>1036</u> 92
	2 вариант – Полужесткий фланцевый узел				3 вариант – Новое конструктивное решение			
6	<u>376,86</u> 85	<u>349,14</u> 80	<u>357,96</u> 83	<u>343,62</u> 82	<u>372,54</u> 84	<u>368,64</u> 85	<u>366,12</u> 85	<u>344,82</u> 82
9	<u>680,4</u> 76	<u>669,66</u> 75	<u>660,36</u> 75	<u>674,58</u> 76	<u>557,04</u> 62	<u>594,12</u> 67	<u>562,5</u> 64	<u>556,74</u> 63
12	<u>905,94</u> 78	<u>878,22</u> 78	<u>853,98</u> 75	<u>876,96</u> 78	<u>744,48</u> 64	<u>720,78</u> 64	<u>716,52</u> 63	<u>760,98</u> 68

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Серия 2.440-2. Узлы стальных конструкций производственных зданий промышленных предприятий. Выпуск 7. Болтовые фланцевые рамные соединения балок с колоннами стальных каркасов зданий и сооружений. НИПИПромстальконструкция. – М., 1994.

2. Каленов, В.В. Экспериментально-теоретическое исследование и совершенствование методов проектирования болтовых монтажных соединений стальных строительных конструкций [Текст]: Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук: 05.23.01 / В.В. Каленов. – М., 1995. – 59 с.

3. Троицкий, П.Н., Левитанский, И.В. Опорные соединения разрезных балок на вертикальных накладках, привариваемых к стенке балки (узлы УНС) [Текст] / П.Н. Троицкий, И.В. Левитанский // ЦНИИПСК. – М., Стройиздат – 1970. - № 4.

4. Добрачев, В.М., Вершинин, Д.С. Полезная модель № 2014100939/03 «Узел жесткого сопряжения балки с колонной в стальном каркасе многоэтажного здания».