

УДК 622**БЫСТРОМОНТИРУЕМЫЕ УЗЛЫ СБОРНО - РАЗБОРНЫХ
ПРОМЗДАНИЙ НАДШАХТНОЙ ПОВЕРХНОСТИ**

Курасов С.Д., студент гр. ГСс-231, III курс,
Научные руководители: Кассихина Е.Г., к.т.н. доцент, Сирота Д. Ю., к.т.н.
доцент.

Кузбасский государственный технический университет имени
Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово

Введение

Для угольной промышленности Кузбасса (и всей страны в целом) условия разработки крупных месторождений со временем становятся всё сложнее, а значит в перспективе акцент будет смещаться в сторону разработки малых месторождений. Значит будет расти и потребность в обслуживающих зданиях с коротким сроком службы (5-10 лет).

Быстромонтируемые сборно-разборные модульные здания (склады, ангары, бытовки) собираются, как правило, из готовых стальных элементов на болтовых соединениях. Они отличаются высокой скоростью и возможностью многократного монтажа – демонтажа, а также лёгкой транспортировкой. Однако стальные конструкции подходят не для всех типов зданий, они в высокой степени подвержены коррозии и быстро теряют прочность при возгорании. Данные минусы отсутствуют в железобетонных зданиях.

В данный момент в строительстве промышленных зданий с использованием железобетона часто используют монолитные и сварные соединительные узлы для закрепления стропильной конструкции на оголовке колонны. После демонтажа рассматриваемого узла колонна и ригель с высокой вероятностью повреждаются в месте соединения, что без восстановления делает невозможным их использование в зданиях с допустимой ранее нагрузкой. В промышленной практике такие элементы чаще всего перерабатывают.

В качестве альтернативного варианта предлагается использовать стыковое соединение «Шип-паз», которое используется в деревянных конструкциях. Здания с такими узлами можно будет без потерь перенести к следующему месторождению. Тогда перед рассматриваемым соединительным узлом ставятся следующие цели:

- Ускорение и упрощение процесса строительства и демонтажа
- Минимизирование риска повреждений конструктивных элементов

- Возможность многократного использования и длительной эксплуатации без восстановления

Цель исследования

Адаптировать стыковое соединение «Шип-паз» для использования в железобетонных конструкциях: рассмотреть варианты исполнения, рассчитать прочностные параметры и выбрать лучший вариант шипа для аналогичного соединительного узла.

Основной текст

Для определения лучшего варианта необходимо сравнить все имеющиеся варианты в разных исполнениях. Критериями сравнения являются: устойчивость закрепления, простота и скорость монтажа и демонтажа, а также сопротивление повороту.

В первую очередь нужно рассмотреть два граничных случая: треугольное и круглое сечение шипа. Рассчитаем несущую способность N , жёсткость k и момент сопротивления повороту M .

$$N = R_b \cdot A \quad (1)$$

$$k = \frac{E \cdot A}{h} \quad (2)$$

$$M = F \cdot r_{\perp} = \sigma \cdot A \cdot r_{\perp} \quad (3)$$

где: R_b – сопротивление сжатию, МПа; A – площадь поперечного сечения, м²; E – коэффициент упругости материала, Мпа; F — результирующая сила, действующая на грань, Н; $r_{\perp}$ – плечо действующей силы перпендикулярное грани, м; σ – напряжение, Па ($\sigma \leq R_{bt}$); R_{bt} – сопротивление растяжению, МПа.

Для простоты и наглядности расчёт производился относительно радиуса описанной окружности R для бетона В30 с высотой шипа $h=200$ мм. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Сравнительная характеристика прочностных параметров шипов.

Сечение	Несущая способность N	Жёсткость k	Момент сопротивления повороту M
Круг	$34R^2$	$5,1R^2$	-

Треугольник	$22,1R^2$	$2,1R^2$	$7,66R^2$
-------------	-----------	----------	-----------

По сравнительной таблице видно, что прочностные характеристики шипа круглого сечения значительно выше, чем у шипа треугольного сечения.

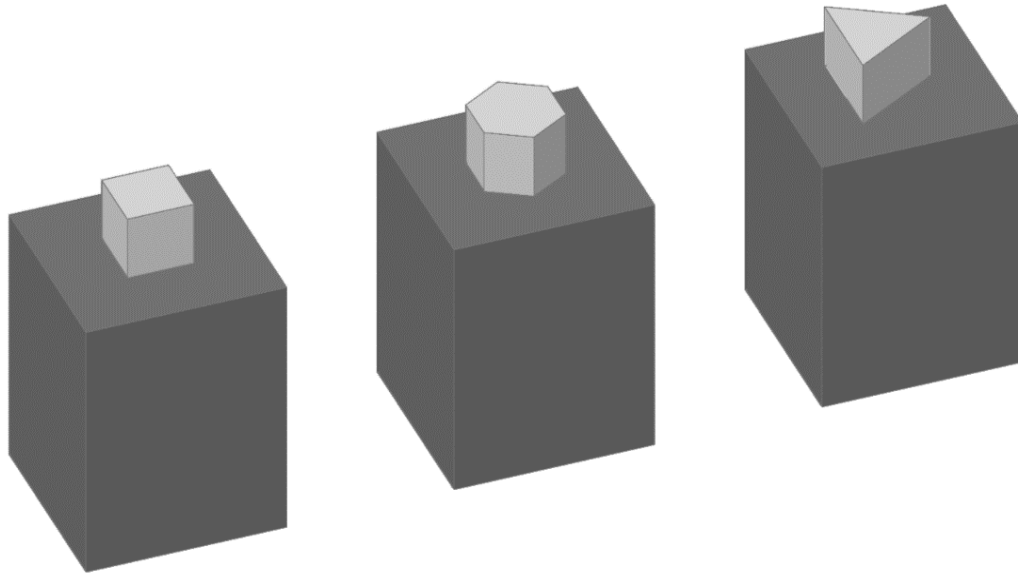


Рисунок 1. Формы шипа

Однако круг не имеет момента сопротивления повороту, а значит без дополнительной фиксации ему не препятствует. Выходит, что круглое сечение не подходит по одному из критериев, а значит исключается. Однако в таком случае вместо круга можно рассмотреть многоугольники.

Таким образом соответствии с критериями рассматриваются три формы поперечного сечения: квадрат, треугольник и правильный шестиугольник (рис.1.).

Для стыковки шипа на колонне и паза на балке необходимо совместить количество точек, которое соответствует числу углов в поперечном сечении. Чем меньше этих точек, тем проще считается монтаж. Для решения этой проблемы для шипов была принята форма клина (рис.2.)

Теперь для установки балки в пазы необходимо совместить только две

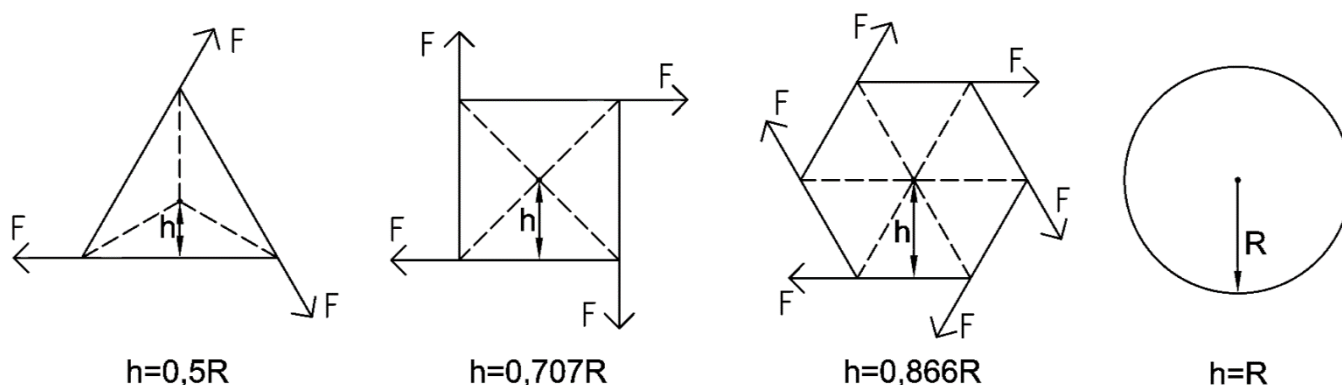


Рисунок 3. Силы действующие на грани

точки: по одной на узел.

Для случая, когда внешняя сила действует вдоль грани (рис.3.), можно сравнивать шипы по моменту силы M , который определяется по формуле:

$$M = F \cdot h \quad (4)$$

где: F – сила действующая на грань, h – плечо силы, м.

На рисунке видно, что многоугольник имеет более высокие

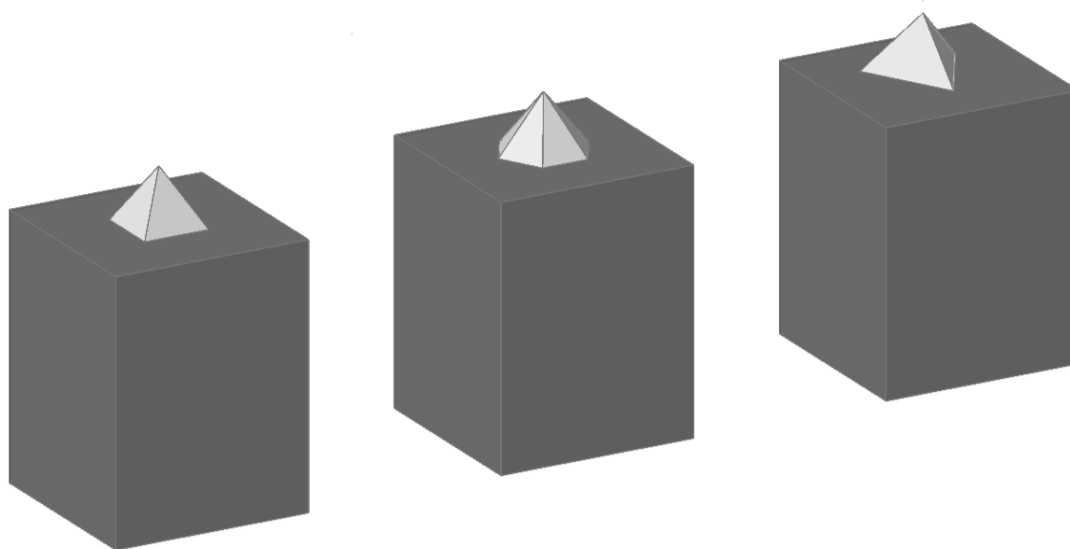


Рисунок 2. Конечная форма шипов

характеристики сопротивления кручению. В случае действия внешней силы на углы шипа (рис.4.) можно рассмотреть распределение напряжений σ_r по формуле из задачи для бесконечного клина:

$$\sigma_r = -\frac{2P}{2\alpha - \sin 2\alpha} \cdot \frac{\sin \psi}{r} \quad (5)$$

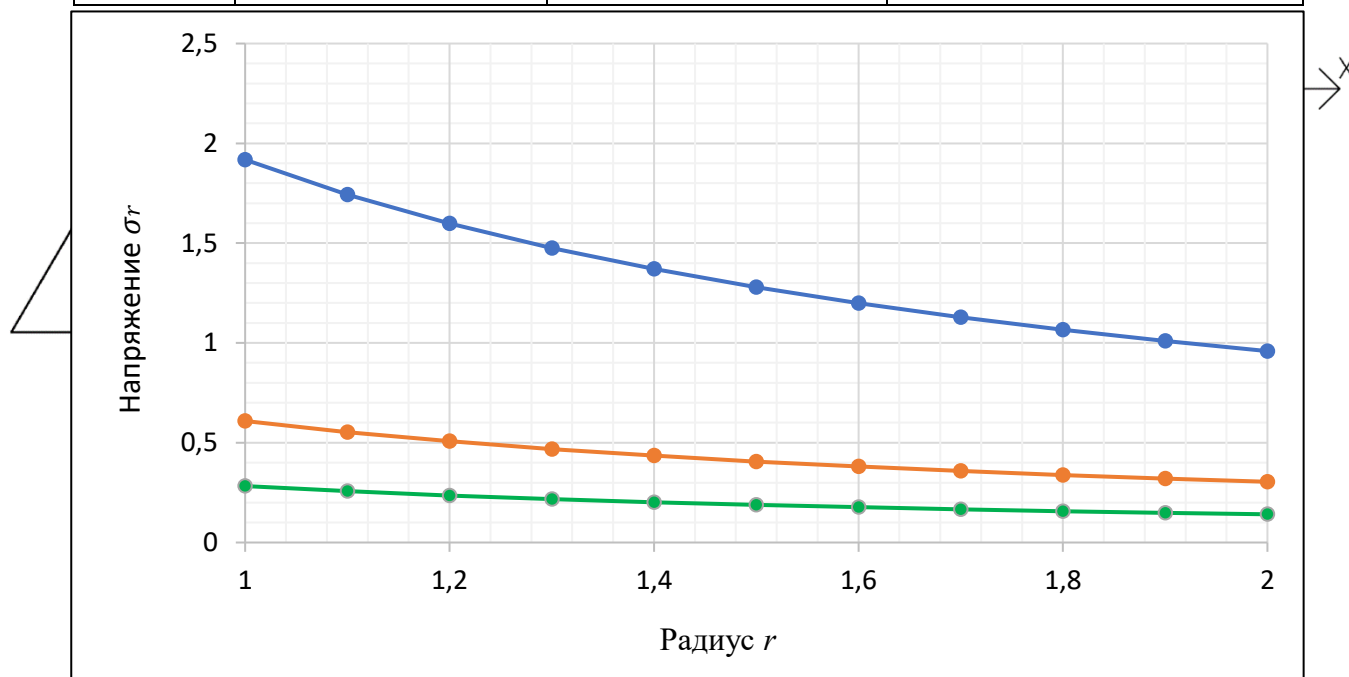
где: P – внешняя нагрузка действующая на шип, Н; α – угол сектора, град; ψ и r – полярные координаты точки, в которой вычисляется напряжение.

Рассматриваемая формула позволяет рассчитать напряжение в произвольной точке сечения под углом ψ и на расстояние r от точки приложения нагрузки. Были рассчитаны напряжения для различных значений r и $P = 1$ Н, $\psi = 10^\circ$, результаты представлены в таблице 2 и на рисунке 5.

Таблица 2.

Данные по расчёту распределения напряжений по сечению шипа

Радиус r	Напряжение σ_r		
	Треугольник	Квадрат	Шестиугольник
1	1,917892	0,608744	0,28287
1,1	1,743538	0,553403	0,257154
1,2	1,598243	0,507286	0,235725
1,3	1,475301	0,468264	0,217592
1,4	1,369923	0,434817	0,20205
1,5	1,278595	0,405829	0,18858
1,6	1,198682	0,380465	0,176794
1,7	1,128172	0,358084	0,166394

Рисунок 5. График зависимости напряжения σ_r от радиуса r

1,8	1,065496	0,338191	0,15715
1,9	1,009417	0,320391	0,148879
2	0,958946	0,304372	0,141435

По итогам расчётов видно, что напряжения в шестиугольном сечении шипа значительно меньше, чем в квадратном и треугольном.

В результате анализа и расчётов установлено, что шестиугольное сечение шипа является наиболее подходящим для осуществления идеи адаптирования стыкового соединения «Шип-паз» в железобетонные конструкции.

Круглое сечение имеет высокую несущую способность и жёсткость, но не обеспечивает сопротивления повороту и требует дополнительных фиксирующих элементов. Треугольное и квадратное сечения обладают геометрической блокировкой, однако имеет точки концентрации напряжений в угловых зонах.

Монтаж одного пролёта покрытия при использовании сварных соединений, с учётом установки и выполнения сварки, в среднем занимает 8–12 часов. Демонтаж таких соединений более трудоёмкий и может занимать до 10–16 часов, при этом элементы конструкции с высокой вероятностью получают повреждения.

В случае применения предложенного узла монтаж аналогичного пролёта может быть выполнен минимум в два раза быстрее, так как отсутствуют сварочные работы и упрощается процесс установки. Демонтаж займёт ещё меньше времени и не приведёт к повреждению элементов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Паначев И. А., Широколов Г. В. Сопротивление материалов: учебное пособие / И. А. Паначев, Г. В. Широколов; Кузбасский государственный технический университет. – Кемерово: КузГТУ, 2008. – 190 с.
2. Беленя Е. И. Металлические конструкции Металлические конструкции / Е. И. Беленя. – М.: Стройиздат, 1985. – 560 с.
3. СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. – М.: Минстрой России, 2018.
4. Работнов Ю. Н. Механика деформируемого твердого тела Механика деформируемого твёрдого тела / Ю. Н. Работнов. – М.: Наука, 1988. – 712 с.
5. Лурье А. И. Теория упругости / А. И. Лурье. – М.: Наука, 1970. – 940 с.