

определение геометрических характеристик поперечного сечения  $A, W, J, i$ .

определение сжимающего напряжения  $\sigma_{C,90,d}$  и сравнение его с расчетным сопротивлением древесины  $f_{C,90,d}$ ;

проверка древесины на сжатие в местах примыкания балок перекрытия к стенам.

Устойчивость обеспечивается за счет плотного прилегания бревен друг к другу и постановки деревянных шипов по длине стены и по вертикали с шагом до двух метров в шахматном порядке.

УДК 69:658.53

### **Анализ и технико-экономическая оценка конструктивных решений склада угля Костюковического цементного завода**

*Парахня Д.В.*

(научный руководитель – *Мартынов Ю.С.*)

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

Склад угля цементного завода в г. Костюковичи был запроектирован китайской фирмой «СІПІС Int'l. Cooperation С., Ltd» (далее базовый вариант проекта). Здание склада однопролетное, двускатное, одноэтажное, рамного типа пролетом 48,0 м, размером в плане по осям 48,0 x 405,0 м (рисунок 1).

Отметка низа стропильных конструкций – 9,76 м, отметка низа колонн 0,000 м. Уклон кровли – 0,675. Основными несущими конструкциями каркаса здания являются металлические рамы переменного сечения из сварных двутавров, расположенные с шагом 9000 мм. Рамы состоят из отдельных отправочных марок (элементов заводской готовности), объединенных между собой на монтаже посредством фланцевых соединений на высокопрочных болтах. Сопряжение ригелей с колоннами жесткое, а колонн с фундаментами – шарнирное. Элементы рам запроектированы из листового проката из стали С345 по ГОСТ 27772-88.

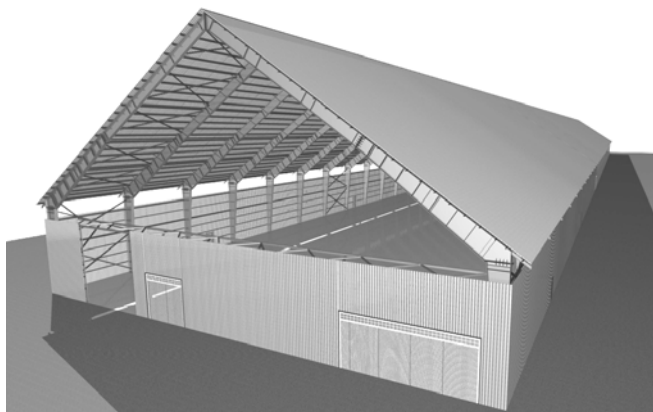


Рисунок 1 – Общий вид склада угля

Для экономической оценки эффективности проектного решения объекта были выполнены статические и прочностные расчеты рядовой рамы, в результате которых было установлено, что степень использования сечений всех отправочных элементов рамы составляет около 50%. В связи с этим рама была перепроектирована с использованием программного комплекса Lira 9.4. Подбор сечений производился путем нескольких итераций. На первой итерации предполагалось, что жесткость элементов рамы постоянна и соответствует жесткости среднего сечения каждой отправочной марки по базовому варианту проекта. Основной целью первой итерации являлось определение усилий в стержнях рамы от возможных сочетаний нагрузок для предварительного подбора сечений. При этом каждый элемент рамы был разбит на 20 равных по длине участков. Для каждого элемента рамы были определены усилия и осуществлена дальнейшая компоновка их сечений. После предварительного подбора сечений был произведен пересчет рамы (вторая итерация) из условия, что каждый из участков элементов рамы обладает жесткостью, определенной по среднему сечению данного участка.

Поскольку для проверки прочности каждого из сечений отправочных марок, а также для проверки общей устойчивости всей рамы в плоскости и из плоскости предстояло выполнение многократных однотипных операций, то оказалось целесообразным производить расчет в табличной форме, используя табличный процессор (напри-

мер Microsoft Excel). Проверка вновь подобранных сечений была продублирована расчетом с использованием программного комплекса FEMAP v10.1.1, путем моделирования рамы в виде пространственных сеток конечных элементов (рисунок 2.).

Следует отметить, что в процессе подбора сечений при выполнении итерационных типовых расчетов, было установлено, что при изменении жесткости расчетного элемента изменение усилий в сечениях оказалось совсем незначительным, и, как правило, не превышало даже 5%. Исключение составила средняя часть пролета ригеля, принятая по результатам расчета постоянной жесткостью. Вследствие большого угла наклона ригеля ( $34^\circ$ ), а также вследствие увеличения жесткости карнизного узла рамы, по сравнению с жесткостью узла, принятой на первой итерации, в раме имело место существенное перераспределение усилий: значения моментов и продольных сил в данной части ригеля уменьшились в среднем в 1,4 раза.

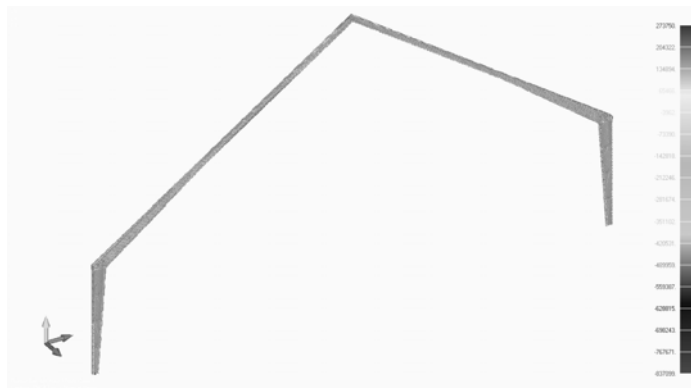


Рисунок 2 – Пространственная сетка конечных элементов, сформированная для окончательной проверки рамы при помощи FEMAP v10.1.1

В конечном итоге по результатам нескольких итераций были получены более рациональные сечения рамы. В отличие от первоначального проекта, в котором переменность сечения элементов рамы обеспечивалась изменением высоты стенки, по предлагаемому варианту оптимизирована также полка двутаврового ригеля путем изменения его ширины. В разрабатываемом решении проекта изменено расположение распорок, раскрепляющих стойки рамы из плоскости

действия нагрузки. Это благоприятно отразилось на компоновке сечений. Для объективной экономической оценки в целом была обеспечена сопоставимость вариантов проекта: при определении усилий в элементах рамы значения нагрузок приняты по базовому варианту, хотя их значения являются несколько завышенными.

При подсчете расхода металла для двух проектных решений ( без учета массы фланцев, ребер жесткости, а также массы некоторых дополнительных элементов карнизного узла) были получены следующие показатели: масса рамы по базовому варианту проекта – 16,55 т, по предлагаемому – 8,97 т.

Оценивая рациональность разработанного варианта проекта, следует отметить также предложенную автором систему фахверка торцевых фасадов здания. Согласно базовому варианту стойки фахверка высотой 8 м жестко защемлены в фундаменте и свободны в верхнем конце, т.е. стойки приняты как консоль, что потребовало существенного перерасхода стали. По разработанному конструктивному решению верхняя часть стойки опирается на горизонтальную ветровую ферму, передающую усилия от стойки на продольные вертикальные связи. В этом случае стойка фахверка работает по иной, более рациональной, балочной расчетной схеме.

Реализация современных направлений проектирования стальных каркасов одноэтажных зданий (использование переменных по длине пролета сечений, регулирование значений внутренних усилий путем изменения жесткостных параметров определенных зон поперечных рам, использование в расчетах современных программных комплексов, конструктивных приемов по повышению устойчивости рам из плоскости) позволили получить снижение расхода стали 17,55 кг/м<sup>2</sup>.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кастюшин, В.В. Здания с каркасами из стальных рам переменного сечения (расчет, проектирование, строительство) / В.В. Кастюшин. – М.: ОАО «Издательство «Стройиздат», 2005. – 656 с.: ил.
2. СНиП II-23-81\* Стальные конструкции / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1990. – 96 с.
3. Новые формы легких металлических конструкций: [коллективная монография] / ЦНИИСК им. В.А. Кучерешко. – М.: ИНПА, 1993. – 285 с.