

КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНЫЙ РАСЧЕТ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЗДАНИЯ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ СОЧЛЕНЕНИЯ

Одной из основных задач строительной механики в настоящее время является минимизация веса конструкций при сохранении ее прочности и функциональности. При этом существенное влияние на поведение конструкций при ее расчете и исследовании оказывают жесткости узлов сопряжений элементов.

При расчете стержневых конструкций, часто встречающихся в задачах строительной механики, между элементами конструкции, как правило, задается либо идеальное сопряжение (связывает все степени свободы в узле), либо шарнирное сопряжение (связывает только перемещения в узле, не связывая при этом повороты). Однако реальные сочленения в конструкции обладают конечной жесткостью на поворот. Идеальное и шарнирное сопряжения можно рассматривать как частные случаи, для которых жесткость равна нулю (шарнир) и бесконечности (для идеального сопряжения) соответственно.

Для повышения точности статического расчета, а также для более точного и полного проведения процедуры оптимизации веса, следует отдельно рассчитать жесткость для каждого сочленения системы и учесть эти жесткости при расчете в глобальной модели.

Рассмотрим расчет жесткости на примере конкретного сочленения (рис. 1).

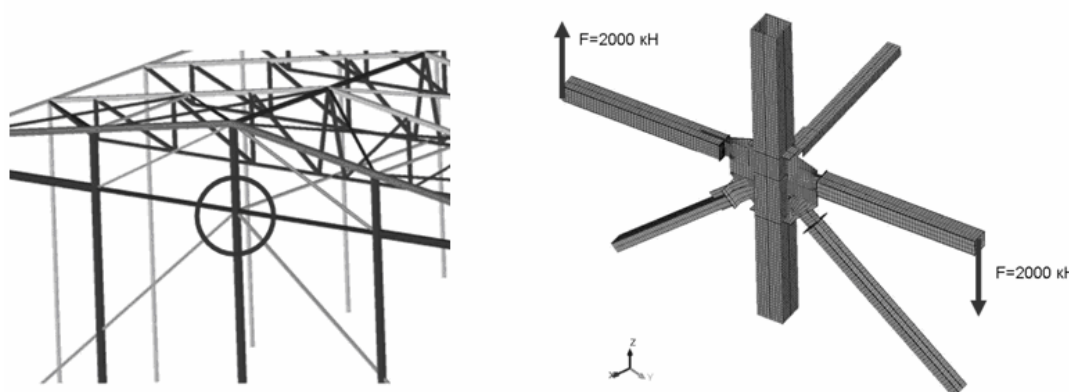


Рис. 1. Пространственная геометрическая модель конструкции и КЭ модель исследуемого узла

Методика рациональной оптимизации применена на примере производственного здания, чертежи которого были предоставлены компанией ООО “УИМП”. Площадь здания составляет 792 м^2 , высота 10 м, колонны расположены по периметру здания с шагом 6 м вдоль и 5,5 м поперек конструкции. В здании присутствуют два мостовых крана, каждый грузоподъемностью 5 тонн. При моделировании здания использовались конечные элементы BEAM 184 — конечные трехмерные линейные балочные элементы, имеющие шесть степеней свободы в каждом узле

При моделировании исследуемого сочленения использовался трехмерный конечный элемент SOLID186, имеющий три степени свободы в узле (UX, UY, UZ). Параметры конечно-элементной модели: число элементов — 18379; число узлов — 186411; число степеней свободы — 559233.

Создание геометрической модели узла проводилось средствами системы автоматизированного проектирования SolidWorks.

Рассмотрим вычисление жесткости узла для поворота вокруг оси X. На рис. 1 приведена конечно-элементная модель сочленения конструкции и схема приложения нагрузки.

Для вычисления жесткости на гранях к соответствующим краям горизонтальных балок прикладывалась пара сил, создающих момент, действующих вдоль оси Z. Величина каждой из сил принята 2000 кН. Расстояние от места приложения силы до сочленения — 1 м. На гранях, соответствующих концам остальных балок, в каждом узле задаются граничные условия запрещения перемещений $U_X=U_Y=U_Z=0$. Для расчета жесткости сочленения значение перемещения вдоль оси Z бралось в узле, отстоящем от края балки на 0.5 м.

Рассчитанная таким образом, жесткость узла на поворот вокруг оси X составила 140 кН·м. Рассчитанная жесткость сочленения была использована в расчетной модели всей конструкции.

Сопряжение с конечной жесткостью моделировалось с помощью конечного элемента многоточечных связей MPC 184 с настройкой «цилиндрический шарнир». Общая картина напряженно-деформированного состояния при этом не претерпела значительных изменений. Однако, непосредственно в самом узле изменилась величина момента, действующего вдоль оси X (табл. 1)

Таблица 1.

| Sx, кН·м | Mx, Н·м |
|-----------------|----------------|
| 0 | 0 |
| 140 | -1.898 |
| ∞ | -13.343 |

Как видно из табл. 1, момент вокруг оси X в данном узле для сопряжения с конечной жесткостью значительно меньше, чем момент для задачи с идеальным сопряжением. Данная разница может быть существенна при выборе оптимального профиля металлопроката.

Для значительного уточнения напряженно-деформированного состояния всей конструкции и более полного и точного проведения процедуры оптимизации следует вычислить жесткость каждого сочленения во всех возможных направлениях.

Однако следует заметить, что данный процесс является достаточно трудоемким, т. к. требуется описанным образом исследовать все сочленения конструкции. На практике можно ограничиться моделированием лишь части сочленений. Такими сочленениями могут быть либо наиболее важные (несущие) сочленения; либо сочленения, часто встречающиеся в модели.