

ПРАКТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА ПЛОСКО ЗАГРУЖЕННЫХ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫХ СТАЛЬНЫХ РАМ С УЧЕТОМ ФИЗИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ ПО ДЕФОРМИРОВАННОЙ СХЕМЕ

А.А. Мещанинов, С.В. Бондарь

(Одесская Государственная Академия Строительства и Архитектуры,
г. Одесса, Украина)

Стержневые металлические конструкции занимают важное место в общем объеме проектирования строительных металлоконструкций, которые нашли отражение в нормативных документах, определяющих критерии надежности технических решений.

В положениях СНиП II-23-81* указывается на необходимость анализа статически неопределимых конструкций, “методика расчета которых с учетом неупругих деформаций стали не разработана”, рекомендуется упрощенный приближенный прием определения расчетных усилий “ в предположении упругих деформаций стали по недеформированной схеме”. Но с другой стороны, приводится требование выполнять расчет стальных конструкций, как правило, “с учетом неупругих деформаций стали и деформированной схемы”, а также указывается, что “расчетные схемы и основные предпосылки расчета должны отражать действительные условия работы стальных конструкций”.

СНиП II-23-81*, как и предшествующие нормы, отражают противоречивость современного подхода к расчету стальных конструкций, и именно этот фактор стимулировал дальнейшее развитие теории, включившее в исследование следующие вопросы:

1. Разработка методики нахождения перераспределения усилий в статически неопределимых стержневых системах при развитии ограниченных пластических деформаций.

2. Исследование влияния деформированной схемы на перераспределение усилий при изгибе с продольной силой в отдельных стержнях и стержневых системах при ограниченных пластических деформациях ([1], [2]).

Для теоретического исследования этих вопросов составлены программы, позволившие сделать вывод о том, что проектирование каждой конкретной конструкции с учетом физической нелинейности и деформированной схемы, а также начальных несовершенств можно осуществлять с использованием ПК.

При разработке САПР строительных металлических рамных конструкций появляются две основные актуальные задачи:

1. Решение проблемы автоматизированного подбора рациональных сечений стержней в области ограниченных пластических деформаций с учетом деформированной схемы и начальных несовершенств.

2. Нахождение резерва несущей способности рамной конструкции за счет перераспределения усилий и учета деформированной схемы в области ограниченных пластических деформаций при реконструкции либо техническом перевооружении.

Использование критерия ограниченных пластических деформаций позволило решить поставленные задачи для САПР и оказывается полезным для анализа конструкций благодаря итерационному процессу с хорошей сходимостью, удерживающему систему на малых отклонениях от линейного поведения. Вместе с тем за границей реализации установленного уровня пластических деформаций у конструкции остаются весьма малые энергетические ресурсы сопротивления.

Ниже приведен пример расчета, по разработанной программе для однопролетной одноэтажной рамы с жестким соединением ригеля и стоек на совместное действие следующих нагрузок: пять сосредоточенных сил различной интенсивности, приложенных к ригелю, горизонтальной сосредоточенной силы от поперечного торможения крана, сосредоточенного момента и равномерно распределенной нагрузки от покрытия и снега, действующих на ригель, а также ветровой нагрузки на колонны.

Ввиду сложности исследования напряженно-деформированного состояния рамных конструкций в области ограниченных пластических деформаций с учетом деформированной схемы и возникающим большим объемом вычислений предложенная методика ориентируется на автоматизированный расчет.

Было проведено два расчета этой рамы, в пределах упругой работы материала, и по критерию ограниченных пластических деформаций, с учетом перераспределения усилий в раме. Сечения стержней рамы оставались неизменными, при следующих геометрических характеристиках:

- стойки выполнены из симметричных двутавров длиной 1200 см, с площадями полок 60 см^2 и стенки 96 см^2 ; высота стенки 96 см; расчетное сопротивление материала 24 кН/см^2 .

- ригель пролетом 2400 см выполнен из двутавра симметричного сечения с площадями полок 104 см^2 , стенки 280 см ; высота стенки 175 см; расчетное сопротивление материала 24 кН/см^2 .

Ограниченные пластические деформации принимались величиной 0,2%.

Сравнение двух расчетов производилось по окончательной нагрузке воспринимаемой несущей конструкцией, без изменения геометрических характеристик сечений стержней рамы. Прикладываемая к раме нагрузка в процессе расчета изменялась пропорционально одному параметру. Равномерно распределенная нагрузка на ригель равнялась 10,64 кН/м.

Расчет по СНиП на прочность сжато-изогнутых и растянуто-изогнутых элементов из стали с пределом текучести до 580 Мпа, при невыполнении условий местной устойчивости следует выполнять по формуле:

$$N/A + M_y/I_x < R_y \gamma_c$$

В нашем случае при неизменяемых геометрических характеристиках сечений и отношении момента к продольной силе при неограниченно упругой работе материала нужно найти такой уровень прикладываемой нагрузки при котором в максимально напряженном сечении разовьются усилия, удовлетворяющие этому условию.

В этих расчетах таким сечением является нижнее сечение правой стойки. для него отношение момента к продольной силе составляет: $M_x/N = 908,8$ см. При неограниченно упругой работе материала это отношение постоянно. Выразив изгибающий момент через продольное усилие и подставив в формулу находим такой уровень изгибающих моментов при котором рама еще работает в упругой стадии: $N = - 181,9$ кН; $M_x = 165274$ кН/см.

Так как при упругой стадии работы материала расчет рамы линейный, то не составляет труда найти величины прикладываемых к ней нагрузок, которые изменяются пропорционально. Равномерно распределенная нагрузка в ригеле равнялась 9кН/м.

Расчет рамы по деформационному критерию с учетом деформированной схемы позволяет более полноценно использовать материал конструкции и увеличить воспринимаемые нагрузки на 18%.

Литература:

1. Чернов Н.Л., Артюшкин И.А., Купченко Ю.В., Шебанин В.С. Расчет элементов стальных стержневых систем за пределом упругости по деформированной схеме.// Известия вузов. Строительство и архитектура. - 1991.-№2. - С. 3-7.
2. Чернов Н.Л., Мещанинов А.А., Шебанин В.С. Расчет плоских стальных стержневых систем с учетом физической и геометрической нелинейности.// Известия вузов. Строительство. -1993.-№ 4.