

УДК 624.012.45

**Расчет колонн одноэтажного промышленного здания  
с использованием шагового метода последовательных  
нагрузений и анализ влияния истории нагружения  
на несущую способность колонн**

Гусь О.В, Иванов А.Л, Соколовский А.И.

(Научный руководитель – Коршун Е.Л.)

Белорусский национальный технический университет,  
Минск, Беларусь

За основу, при расчете, были взяты колонны одноэтажного промышленного здания, рассчитанные во втором курсовом проекте. Выполнялся расчет данных колонн методом последовательных нагружений с учетом влияния продольных деформаций стержней, а также сжимающих (растягивающих) продольных сил на коэффициенты жесткости конечных элементов [1]. При этом стержневая конструкция разбивается на конечное число прямолинейных элементов, с жесткими либо шарнирными узлами. Внешняя нагрузка приводится к узловой, и разбивается на конечное число достаточно малых, одинаковых порций или шагов. Напряженно-деформированное состояние системы, при этом, рассчитывается с накоплением, т.е. на каждом шаге нагружения определяются добавочные усилия и перемещения от дополнительной порции нагрузки и суммируются с полученными на предыдущем шаге нагружения. Такое многоступенчатое нагружение позволяет отобразить нелинейный характер работы стержневой системы при сравнительно больших перемещениях.

Таким образом, расчет ведется на каждом шаге на одно приращение нагрузки

$$R(X_{i-1}; N_{i-1}) \cdot \Delta Z_i + \Delta P_i = 0, \quad (1)$$

где  $i$  — номер шага;

$R(X_{i-1}, N_{i-1})$  — матрица жесткости, построенная с учетом геометрии и продольных сил, зафиксированных на предыдущем шаге нагружения;

$X_{i-1}, N_{i-1}$  — координаты узлов системы и продольные силы на предыдущем шаге нагружения;

$\Delta Z_i, \Delta P_i$  – вектора приращения перемещений и вектор приращения нагрузок на очередном шаге нагружения.

После решения системы (1) вычисляются приращения усилий  $\Delta M_i, \Delta Q_i, \Delta N_i$  а затем полные усилия:

$$\begin{cases} M_i = M_{i-1} + \Delta M_i \\ Q_i = Q_{i-1} + \Delta Q_i \\ N_i = N_{i-1} + \Delta N_i \end{cases}, \quad (2)$$

и полные координаты  $X_i = X_{i-1} + \Delta Z_i$ . (3)

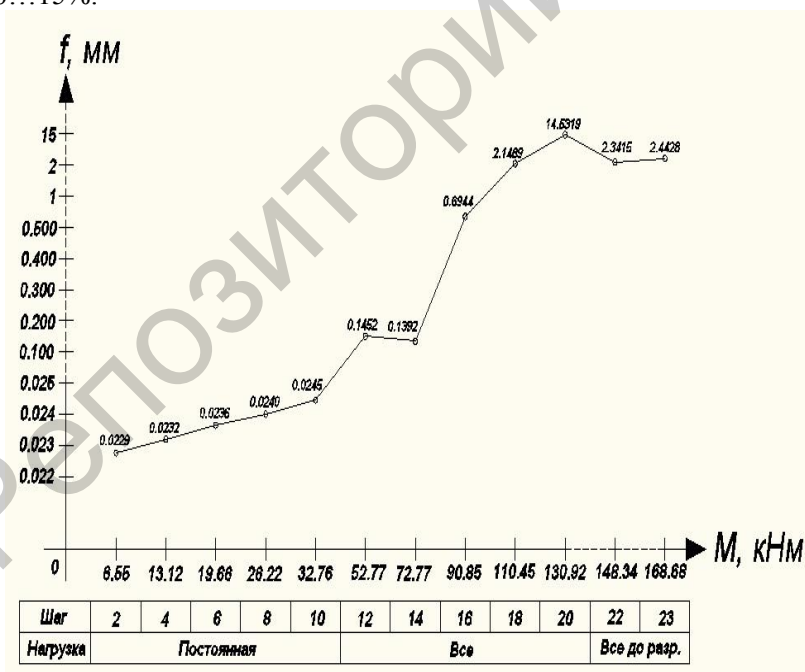
Для железобетонных конструкций жесткость отдельных сечений в конечно-элементной модели определяется как тангенс угла наклона касательной в точке с координатами  $(M, \mathcal{K})$ , где  $M$  и  $\mathcal{K}$  – соответственно момент, действующий в сечении и кривизна на диаграмме деформирования сечения. Диаграмма деформирования строиться на каждом шаге нагружения в зависимости от уровня продольных сил. Кривизна определяется с использованием усовершенствованного метода “характерных точек”, разработанного для общего случая (произвольная форма сечения, смешанное армирование и т.п.) [2], что позволяет учесть физическую нелинейность системы.

На примере сплошных колонн одноэтажных промышленных зданий рассматривалось влияние различной истории нагружения на их несущую способность. Нагружение производили в трех режимах: 1-ый режим – рассматривали одновременное нагружение колонн постоянной вертикальной нагрузкой от собственного веса покрытия, веса стеновых панелей, плюс временная снеговая нагрузка, плюс горизонтальная временная ветровая нагрузка, плюс вертикальная и горизонтальная временная нагрузка от кранового оборудования вплоть до разрушения; 2-ой режим – поочередное нагружение, на первом этапе постоянной вертикальной нагрузкой от собственного веса покрытия, на втором этапе временной снеговой нагрузкой и на третьем этапе сначала горизонтальная ветровая нагрузка и затем крановая до разрушения системы; и 3-ий режим - нагружение на первом этапе постоянной вертикальной нагрузкой от собственного веса покрытия, на втором этапе горизонтальной вет-

ровой нагрузкой и крановой, и на третьем этапе прикладывалась снеговая нагрузка вплоть до разрушения.

Анализировались несущая способность колонн при различной последовательности нагружений и величины прогибов различных сечений колонн по длине. Ниже приведены графики зависимости прогибов наиболее напряженного сечения колонны (находящегося в средней трети) в зависимости от порядка приложения нагрузок и от внутреннего изгибающего момента в этом сечении.

Полученные данные расчетов свидетельствуют, что история нагружения оказывает влияние на параметры напряженно-деформированного состояния стоек на характерных этапах загрузки. В частности выявлено, что, чем раньше прикладываются продольные нагрузки, тем меньшие величины прогиба в предельном состоянии и больший изгибающий момент может воспринять сечение. Несущая способность колонн при различной истории нагружения также отличалась, но незначительно, в пределах 10...15%.



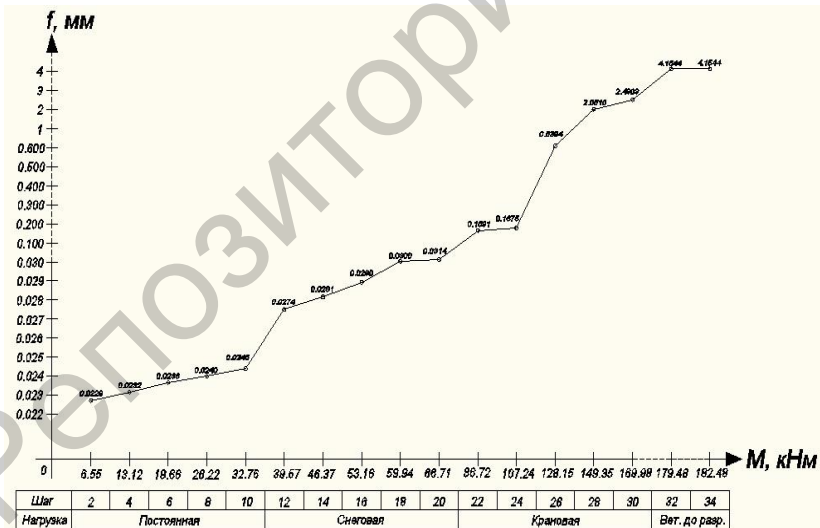
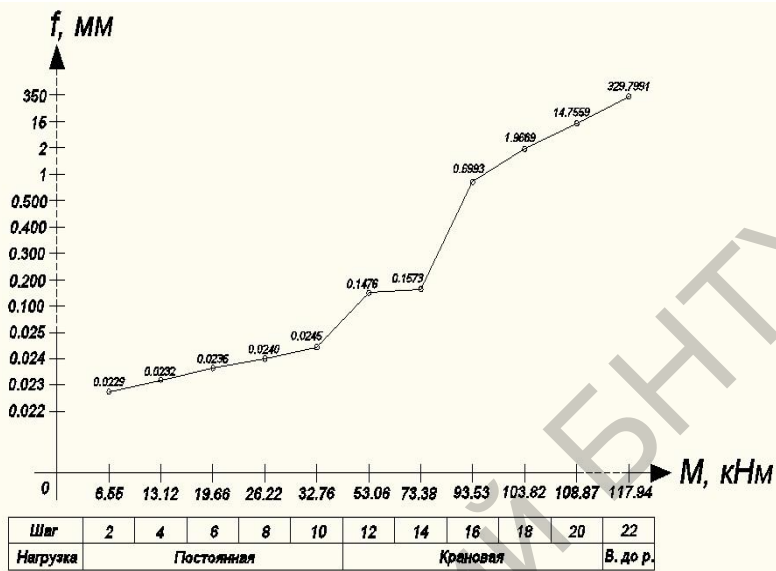


Рисунок 1. Графики зависимости прогибов и изгибающих моментов, действующих в среднем сечении стойки от последовательности приложения нагрузок

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сидорович Е.М. Принципы расчета физически и геометрически нелинейных железобетонных стержневых систем /Е.М. Сидорович, В.Г. Казачек, Крючков А.А., Чистяков Е.А. // Сб. Вопросы строительства и архитектуры.– Минск, 1986, №15 - с. 32-36.
2. Полная диаграмма деформирования сечений железобетонных элементов. / Казачек В.Г., Шер М.О., Быковский С.Г., Гриб С.В. // Сб. нау чн. трудов. Техника, технология, организация и экономика строительства. – Мн.: Высшая школа, 1988. – Вып. 14. – с. 14 -22.