

Таким образом, конструктивная схема каркаса, при которой устойчивость сооружения в поперечном направлении обеспечивается рядом жестко заземленных в фундаментах анкерных стоек, а в продольном — системой связей по колоннам, для одноэтажных производственных зданий эффективна при сетке колонн  $6 \times 24$  м и  $6 \times 18$  м, если отметка низа стропильных конструкций соответственно более 10,8 м и равна или больше 7,2 м. Для зданий с сеткой колонн  $6 \times 24$  м применение такой конструктивной схемы каркаса рационально и при  $h = 7,2$  м.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. П е ц о л ь д Т.М. Принцип концентрации материала при проектировании одноэтажных производственных зданий // Стр-во и архитектура Белоруссии. — 1982. — № 3. — С. 39.
2. Х р о м е ц Ю.Н. Совершенствование объемно-планировочных и конструктивных решений промышленных зданий. — М., 1986. — 314 с.
3. С а д о в с к и й Ю.Н., С е р г е е в а Е.Т. Одноэтажные промышленные здания с диафрагмами жесткости // Строит. конструкции. — Мн., 1983. — С. 154–158.
4. В а т м а н Я.П. Динамика показателей унификации и типизации промышленных зданий // Тр. ЦНИИПромзданий. Науч. исслед. и практика внедрения межотраслевой унификации зданий промышл. предприятий. — 1977. — Вып. 56. — С. 57–69.

УДК 624.04

М.О.ШЕР, Н.А.ТОКАРЕВА

### МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЕТНОЙ ДЛИНЫ ОДНОВЕТВЕВЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОЛОНН ОДНОЭТАЖНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

В настоящее время, согласно СНиП 2.03.01–84, рекомендуется определять расчетную длину  $l_0$  внецентренно сжатых железобетонных элементов рамной конструкции с учетом ее деформированного состояния при наиболее невыгодной для данного элемента нагрузке, принимая во внимание неупругие деформации материалов и наличие трещин. Однако никаких практических рекомендаций на этот счет не приводится.

Для выявления влияния различных факторов на расчетную длину колонн и возможного диапазона ее изменения в условиях реального проектирования железобетонных каркасов расчетом по СНиП II-23–81 были определены  $l_0$  для надкрановой и подкрановой частей ступенчатых центрифугированных стоек серии Э-1708 в более чем 100 проектных ситуациях. Стойки принимались или свободными или шарнирно опертыми в уровне верха колонны.

В результате анализа полученных данных можно сделать следующие выводы.

Коэффициент расчетной длины подкрановой части  $\mu_1$  возрастает при увеличении  $N_2$  и  $l_2$  и уменьшении  $N_1$  и  $l_1$ . При этом для серийных колонн на  $\mu_1$  практически не влияет шаг и пролет рам, так как соответствующим образом изменяется размер сечения колонн. С увеличением грузоподъемности

крана, несмотря на удлинение надкрановой части  $l_2$ , значение  $\mu_1$  несколько уменьшается за счет увеличения  $N_1$ .

Для свободных колонн длиной 10,8 м  $\mu_1$  изменяется в пределах 2...3, его значение составляет 3,2 при отсутствии крана. При  $l = 14,4$  м  $\mu_1$  не превышает 1,9...2,5, так как при прочих равных условиях для данных колонн меньше отношение  $l_2/l$ . Все расчеты показали  $\mu_2 > 3$ . В этом случае СНиП II-23-81 ограничивает  $\mu_2$  в расчетах значением 3.

Для колонн, имеющих сверху шарнирно-неподвижную опору, влияние указанных факторов такое же, как и для свободных. Значения  $\mu_1$  во всех случаях меньше, чем для свободных колонн. Так, при  $l = 10,8$  м  $\mu_1$  изменяется в пределах 1...1,3 (1,5 при отсутствии кранов). При  $l = 14,4$  м  $\mu_1$  составляет 0,75...0,85, а при отсутствии кранов достигает значения 1;  $\mu_2 = 1,4...1,5$ .

Сопоставлены значения  $\mu$ , определенные по разным методикам: 1) "точного" расчета стойки на устойчивость методом перемещений на ЭВМ при жесткости пружины  $c = 0$  для свободной стойки и  $c = \infty$  для шарнирно-неподвижной верхней опоры; 2) расчета железобетонных конструкций согласно СНиП 2.23.01-84; 3) расчета металлических конструкций согласно СНиП II-23-81; 4) в соответствии с предложениями канд. техн. наук М.И.Гуковой, положенными в основу проекта пособия по проектированию металлических конструкций [1]; 5) расчета железобетонных конструкций по нормам ГДР (TGL-1045).

Анализ полученных результатов позволяет заключить, что расчет колонн по СНиП II-23-81 и по формулам [1] дает близкие результаты, но второй способ предпочтительнее, так как ведется без таблиц. Для стоек со свободным верхом все приближенные способы расчета  $l_0$  дают значительный запас по сравнению с "точным" расчетом. Исключение составляют значения  $\mu$ , полученные при наличии кранов по рекомендациям СНиП 2.03.01-84, хотя такая схема для железобетонных каркасов с крановыми нагрузками маловероятна. В целом более близкие к "точным" значения  $\mu$  получены по нормам ГДР.

Для стоек, шарнирно опертых в уровне верха, все приближенные способы дают, как правило, близкие к "точным" результаты. Рекомендации СНиП 2.03.01-84 при наличии кранов достаточно консервативны, особенно для высоких стоек. "Точные" значения  $\mu_2$ , наоборот, для гибких колонн превышают значения, предлагаемые СНиП 2.03.01-84, и близки к рекомендациям СНиП II-23-81. Некоторые ошибки в определении  $\mu_2$  незначительно влияют на окончательный результат расчета колонн (определение требуемого армирования), так как гибкость надкрановой части сравнительно мала и резкого увеличения изгибающего момента на этом участке колонны быть не может. Вообще, результаты расчетов колонн на устойчивость первого рода в случае больших значений получаемых расчетных длин можно считать достаточно условными, так как они используются не для оценки общей устойчивости системы и ее отдельных элементов, а только для определения коэффициента увеличения момента за счет влияния продольных сил.

Условия закрепления верха стойки в ряде случаев в значительной мере определяют расчетную длину колонн. При введении шарнирной опоры существенно уменьшается расчетная длина верхнего и нижнего участков колонны. Таким образом, при проектировании с использованием программы для расчета плоских рам дифференцированный учет характера каждой нагрузки [2] по-

звolyает наиболее точно учесть особенности проявления продольного изгиба при загрузке каркаса системой нагрузок, определить "упругие" моменты и коэффициенты  $\eta$ , зависящие от расчетной длины колонны отдельно для каждого нагружения, и суммировать их произведения по принципу суперпозиции

Таким образом, возможны несколько вариантов расчета ступенчатых стоек.

1. Расчет пространственной рамы на все рассматриваемые комбинации нагрузок с "точным" определением расчетной длины элементов по программам расчета стержневых систем на устойчивость первого рода. Однако использование стандартной программы "ПУСК" не всегда обеспечивает приемлемые результаты и неудобно для проектной практики.

2. Расчет плоских рам на отдельные воздействия с последующим составлением их комбинаций.

Применительно к каркасам одноэтажных промышленных зданий для определения расчетных длин элементов в такой постановке в БПИ разработана специальная программа "РАМА-1". При определении  $l_0$  в расчете на устойчивость первого рода предполагается, что продольные силы возрастают только в рассматриваемой колонне, а остальные колонны определяют собой жесткость поддерживающей пружины. При этом учитываются колонны, которые включились в работу на данное воздействие. Например, в расчете на ветровую нагрузку рассматривается плоская рама, на крановую учитываются все колонны блока и т.д.

3. Упрощенный вариант предыдущего расчета, где предполагается, что жесткость пружины  $c = 0$  или  $c = \infty$  в зависимости от типа воздействия. Для стойки с такими граничными условиями определение  $l_0$  сводится к расчету на устойчивость первого рода свободной или шарнирно опертой колонны или может выполняться изложенными выше приближенными способами.

На основании анализа выполненных расчетов можно рекомендовать для подкрановой части колонны при определении  $\eta$  от ветровых воздействий определять  $l_0$  по нормам расчета железобетонных конструкций (СНиП 2.03.01-84), при расчете на крановые и другие воздействия (кроме температурных) считать верх стойки несмещаемым и определять  $l_0$  по рекомендациям [1] или нормам расчета металлических конструкций (СНиП II-23-81); для надкрановой части колонны при расчете на любые воздействия определять  $l_0$  также по рекомендациям [1] или по СНиП II-23-81, принимая соответственно при расчете на ветровую нагрузку стойку свободной и шарнирно опертой в уровне верха при расчете на другие воздействия.

Многочисленные вариантные расчеты показали, что существует достаточно большая область сочетания параметров каркасов, когда при определении  $l_0$  элементов рассматриваемой колонны ее можно считать несмещаемой при любых воздействиях. Определение расчетной длины железобетонных колонн уточненными способами позволяет экономить в среднем до 20 % стали.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Разработать предложения по изменению и дополнению главы СНиП II-23-81 по вопросам расчета элементов с сечениями из сталей различной прочности и уточнению расчетных длин сжатых элементов: Отчет о НИР/ЦНИИСК. — № ГР 0180082737. — М., 1983. — 237 с. 2. Ш е р М.О., Г е р а щ е н к о Г.А., Ш и л о в А.Е. Совершенствование

*УДК 624.94.012.45*

**Г.П.ПАСТУШКОВ, Т.П.МИНЧЕНЯ,  
В.А.ТОЛСТИК**

## **ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫЕ ЦЕНТРИФУГИРОВАННЫЕ КОЛОННЫ КВАДРАТНОГО СЕЧЕНИЯ ДЛЯ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ**

В практике строительства многоэтажных каркасных зданий нашли применение железобетонные колонны кольцевого сечения, изготавливаемые методом центрифугирования [1]

Экспериментальное проектирование и строительство показали, что при замене колонн квадратного или прямоугольного поперечных сплошных сечений колоннами кольцевых сечений возникает необходимость изменения размеров других типовых элементов здания (ригелей, распорных плит), изготовления фигурных закладных деталей, опорных столиков и др. Поэтому в ряде случаев для многоэтажных зданий при типовых конструкциях перекрытий целесообразно применять колонны не кольцевого, а квадратного полого сечения с размерами наружного контура, равными размерам заменяемых колонн сплошного сечения. В многоэтажном строительстве широко распространены индустриальные изделия серии 1.020-1/83 на основе серии ИИ-04. Вместо принятых колонн сплошного сечения с размерами 300х300 и 400х400 мм используются центрифугированные колонны с сечением 400х400 мм с круглой полостью. Наличие на заводах парка форм диаметрами 560 и 600 мм, применяемых для изготовления опор ЛЭП и стоек различного назначения, позволяет при использовании специальных вставок трансформировать цилиндрические формы в квадратные с наружными размерами 400х400 мм. Метод центрифугированного изготовления колонн способствует успешному решению задачи по сокращению количества их типоразмеров.

Длина центрифугированных колонн ограничивается длиной опалубочной формы, например при использовании роликовых центрифуг — не более 26 м. Колонны могут изготавливаться бесстыковыми на всю высоту здания или с разрезкой на один или несколько этажей. Для длинномерных колонн применяется предварительное напряжение части продольной рабочей арматуры.

Для экспериментального проектирования рекомендовано конструктивное решение стыка колонн с торцовыми металлическими листами как наиболее простое и надежное при работе на сжатие. Торцовые металлические листы могут быть приварены к продольной рабочей арматуре центрифугированного элемента, однако возможно использование дополнительных анкерующих стержней, приваренных к пластинам. Число этих стержней, их длина и диаметр зависят от требуемой несущей способности соединения.

Конструкция стыка колонн со сваркой торцовых листов позволяет вести непрерывный монтаж каркаса здания.