

УДК 624.012.45

к.т.н. Емец Е. В.,
 Коняшкина О. А.,
 Никишина И. А.
 (ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР)

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПРОДОЛЬНЫХ УСИЛИЙ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ МНОГОЭТАЖНЫХ РАМ НА НЕРАВНОМЕРНО ДЕФОРМИРУЕМОМ ОСНОВАНИИ

Исследовано напряженно-деформированное состояние многоэтажных рам при воздействии на них перемещений основания. Проанализированы факторы влияния продольных усилий, вызванных вертикальными нагрузками, на напряженно-деформированное состояние многоэтажных рам.

Ключевые слова: перемещение оснований, деформированное основание, напряженно-деформированное состояние, рамные системы, жесткость.

Характер влияния продольных усилий, возникающих в стойках рамы от вертикальных нагрузок, на величины расчетных изгибающих моментов в сечении элементов рассмотрен при каждом виде воздействия перемещений основания отдельно:

- симметричные и несимметричные оседания;
- симметричные и несимметричные горизонтальные перемещения;
- крен здания.

При этом за 100 % были приняты величины моментов в сечениях, полученные из статического расчета рамы с учетом податливости основания. Воздействие общего крена основания при статическом расчете можно заменить горизонтальными составляющими нагрузок в уровне соответствующих перекрытий.

Величина горизонтальных составляющих нагрузок принималась равной произведению суммарных вертикальных нагрузок по перекрытию и величины крена основания. Расчетная схема рамы на симметричные и несимметричные перемещения основания приведена на рисунке 1.

На рисунках 2–8 приведены графики изменения величин изгибающих моментов в сечениях элементов рамы (в процентном отношении при возрастании вертикальных нагрузок от нуля до критического значения).

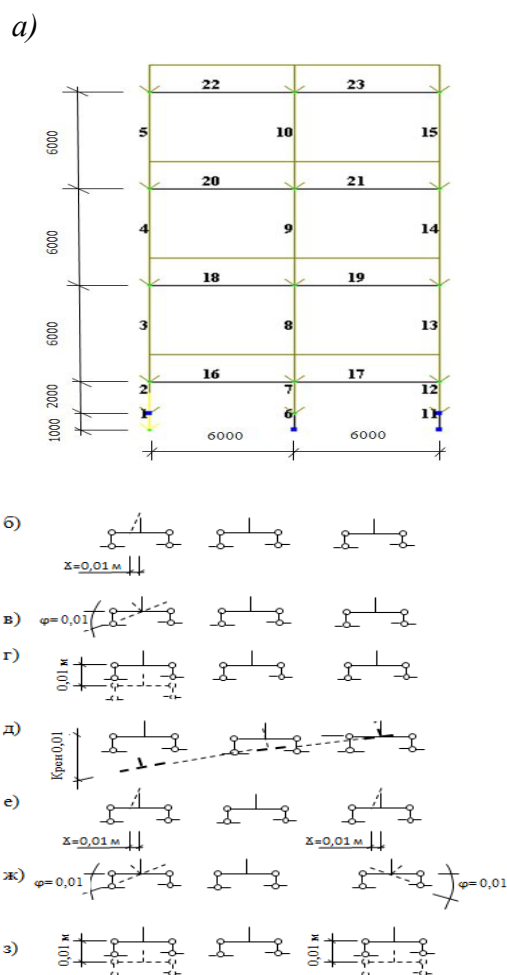


Рисунок 1 Расчетная схема многоэтажной рамы на симметричные и несимметричные перемещения основания

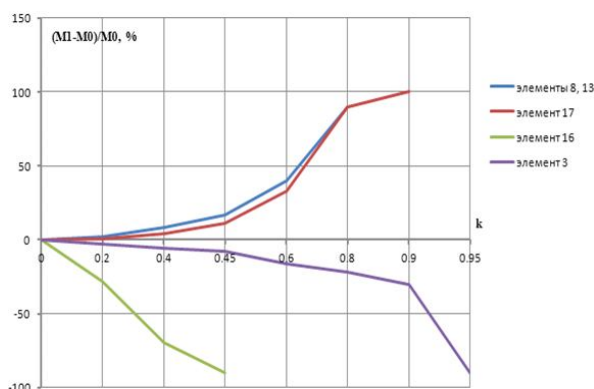


Рисунок 2 Влияние продольного изгиба на величины расчетных усилий в опорных сечениях элементов рамы при воздействии несимметричных горизонтальных перемещений основания

Несимметричные горизонтальные перемещения основания (рис. 1, б) вызывают максимальные по абсолютной величине усилия в колоннах и ригелях первого этажа. При этом наибольшие значения усилий возникают в сечениях колонны, под фундаментом которой происходят горизонтальные перемещения основания, а также в сечении ригеля, примыкающего к этой колонне. С возрастанием вертикальных нагрузок (рис. 2) усилия в сечениях нагруженной колонны (элемент 3 узел ригеля и колонны и узел колонны и фундамента) и в сечении примыкающего к ней ригеля (элемент 16) незначительно уменьшаются. Из рисунка видно, что при отношении вертикальных нагрузок и их критических значений, равном 0,5 ($k = 0,5$), изменения расчетных усилий не превышают 10 %. Значительное уменьшение изгибающих моментов в узле сопряжения ригеля и колонны не может сильно повлиять на напряженно-деформированное состояние рамы, так как по величине это усилие на порядок меньше усилий в других сечениях элементов первого этажа. Усилия в остальных сечениях ненагруженных элементов первого этажа при возрастании вертикальных нагрузок возрастают пропорционально уменьшению усилий в нагруженных элементах. При $k = 0,5$ они из-

меняются не более чем на 10 %, а при $k = 0,8$ – до 35 %.

Несимметричные повороты основания (рис. 1, в) вызывают наибольшие по абсолютной величине усилия в сечениях элементов первого этажа. С возрастанием вертикальных нагрузок (рис. 3) усилия в сечениях стойки, воспринимающей поворот (элемент 3 узел ригеля и колонны и узел колонны и фундамента), и в сечении примыкающего к ней ригеля (элемент 16) значительно уменьшаются. При этом отмечается, что чем больше по абсолютной величине усилие, тем медленнее оно уменьшается. А именно, при отношении вертикальных нагрузок к их критическим значениям $k = 0,5$ наибольшее значение изгибающего момента уменьшается на 16 % (элемент 3), а усилие в сечениях элементов 3, 16 изменяется более чем в 2 раза. Причем изменения значений усилий не только в численном выражении, но и в знаковом.

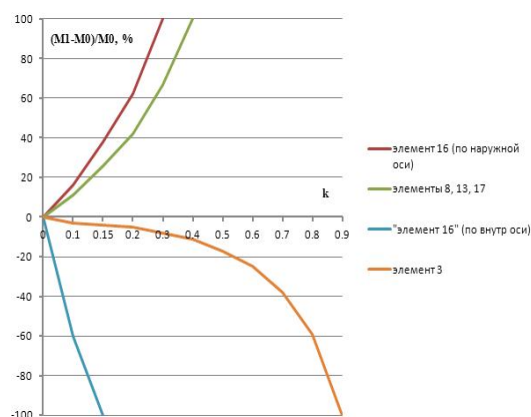


Рисунок 3 Влияние продольного изгиба на величины расчетных усилий в опорных сечениях элементов рамы при воздействии несимметричных поворотов основания

При $k = 0,8$ усилия в сечениях элемента 3 (узел колонны и фундамента) уменьшаются на 55 %, а в сечениях элементов 3 (узел ригеля колонны), 16 более чем в 4 раза. Усилия в сечениях ненагруженных элементов (8, 13, 17) в сечении ригеля (элемент 16) резко возрастают и их численные значения при $k = 0,5$ увеличены на 75 %.

Несимметричные оседания основания (рис. 1, г) вызывают значительные усилия по всем этажам рамы (рис. 2). Наибольшие по абсолютной величине усилия при этом возникают в ригелях. Максимальные усилия в колоннах возникают в сечениях крайних рядов колонн и в нижнем этаже среднего ряда. Во втором и третьем этаже усилия в колоннах среднего ряда на порядок меньше. При увеличении вертикальных нагрузок (рис. 4) усилия в сечениях ригелей, примыкающих к колонне, фундамент которой оседает (элементы 16, 18, 20), уменьшаются, а в симметричных им относительно оси рамы сечениях незагруженных ригелей (элементы 17, 19, 21) увеличиваются.

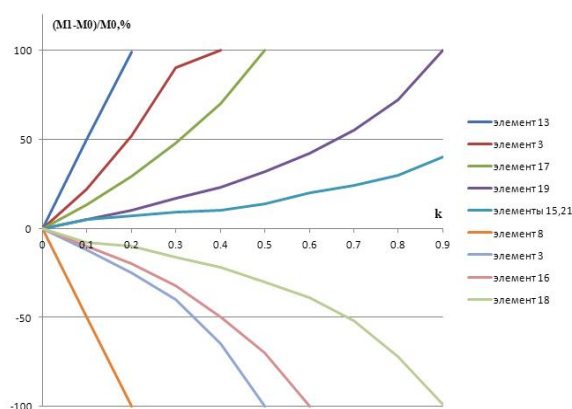


Рисунок 4 Влияние продольного изгиба на величины расчетных усилий в опорных сечениях элементов рамы при воздействии несимметричных осадок основания

При этом во втором и третьем этажах для симметричных сечений имеет место обратная пропорциональная зависимость. При отношении вертикальных нагрузок к их критическим значениям $k = 0,5$ в сечениях ригелей и колонн верхнего этажа усилия изменяются на 5–15%, второго этажа — на 25–35%. При $k = 0,8$ эти изменения составляют соответственно 15–20 %, 40–70 %.

В сечениях элементов первого этажа (элементы 3, 8, 13, 16, 17) расчетные усилия при возрастании вертикальных нагрузок более резко изменяются, а в отдельных

сечениях (элементы 3, 8, 16) меняют знак на противоположный. Так, в сечениях ригеля, примыкающего к загруженной колонне (элемент 16), усилия уменьшаются при $k = 0,5$ на 40–70 %, а при $k = 0,8$ — более чем в 2 раза и меняют знак. В верхних сечениях загруженной колонны (элемент 3) и средней колонны (элемент 8) уже при $k = 0,5$ усилия уменьшаются более чем в 2 раза. В нижних сечениях колонн первого этажа (элементы 3, 8, 13) и в верхнем сечении правой незагруженной колонны (элемент 13) усилия резко возрастают, и при $k = 0,5$ наблюдается рост значений усилий более чем в 2 раза.

Расчет рамной системы от воздействия крена основания, вызванного горными выработками, позволяет определить величины изгибающих моментов во всех сечениях рамы (рис. 5), которые значительно превышают полученные в результате статического расчета.

Так, при $k = 0,5$ разница в величинах расчетных усилий для сечений ригелей верхнего этажа (элемент 20) составляет 25 %, второго этажа (элемент 18) — почти 40 %, первого этажа (элемент 16) — 75 %, для сечений колонн верхнего этажа (элементы 5, 10) — до 25 %, второго этажа (элементы 4, 9) — 30–50 %, первого этажа (элементы 3, 8) — более 90 %. При соотношении $k = 0,8$ учет продольного изгиба дает величины усилий в сечениях элементов нижних этажей, более чем в 2 раза превышающие расчетные усилия, полученные при статическом расчете.

При симметричных относительно основания рамы перемещениях расчет рамы на неравномерные воздействия основания дает более точные величины расчетных усилий в сечениях элементов (рис. 6, 7, 8), которые при отношении величин вертикальных нагрузок к их критическим значениям $k < 0,5$ не превышают 5 %, при $k = 0,5–10$ %, и только при $k = 0,8$ достигают 20 %.

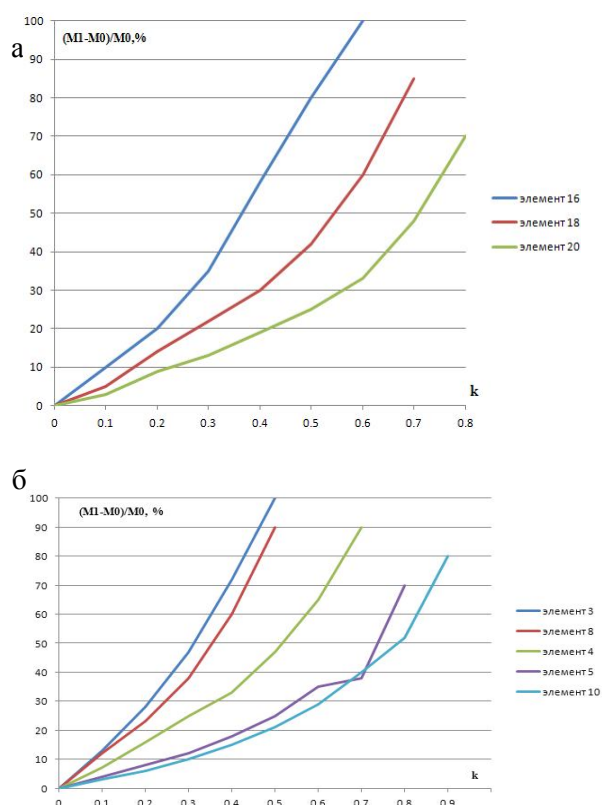


Рисунок 5 Влияние продольного изгиба на величины расчетных усилий в опорных сечениях элементов рамы при воздействии общего крена основания

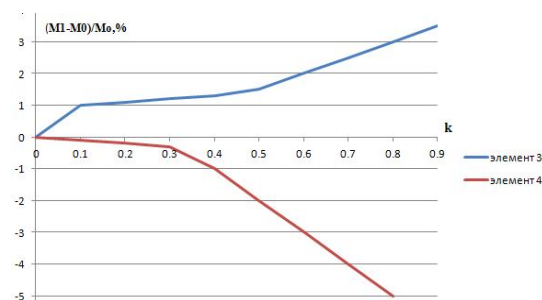


Рисунок 6 Влияние продольного изгиба на величины расчетных усилий в опорных сечениях элементов рамы при воздействии симметричных перемещений основания (горизонтальных перемещений)

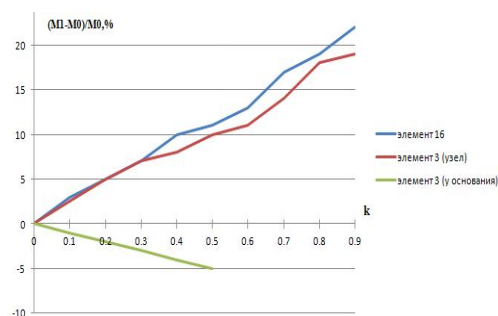


Рисунок 7 Влияние продольного изгиба на величины расчетных усилий в опорных сечениях элементов рамы при воздействии симметричных перемещений основания (поворотов)

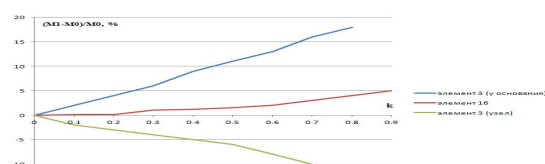


Рисунок 8 Влияние продольного изгиба на величины расчетных усилий в опорных сечениях элементов рамы при воздействии симметричных перемещений основания (осадок)

Вывод:

1. Учет податливости основания при расчете многоэтажных рам на воздействие горизонтальных перемещений основания снижает величины максимальных расчетных усилий в ригелях первого этажа на 40–50 %, а в колоннах первого этажа — на 50–80 %.
2. При расчете многоэтажных рам на воздействия поворотов основания учет податливости защемления фундамента снижает величины расчетных усилий на 75 %.
3. Учет податливости основания при расчете рамных систем на воздействие неравномерных оседаний основания снижает величины максимальных расчетных усилий на 70 %.
4. Наибольшее влияние на величины расчетных усилий в элементах многоэтажных рам при расчете их на горизонтальные перемещения основания и повороты оказывает податливость основания, обусловленная неравномерным сжатием грунта.

5. Расчет рамы на воздействие несимметричных горизонтальных перемещений основания с учетом изгибающего влияния продольных усилий при $k < 0,5$ не превышают 5 %, при $k = 0,5-10$ %, и только при $k = 0,8$ достигают 20 %.

6. Влияние изгибающего воздействия продольных усилий возрастает при приближении величин вертикальных нагрузок к критическим значениям.

7. Статический расчет рам на воздействие несимметричных поворотов и оседаний основания не отражает фактического напряженного состояния многоэтажных рам. Так, при вертикальных нагрузках, составляющих 10 % от критических, разница в усилиях, полученных в результате статического расчета и с учетом изгибающего влияния продольных усилий, составляет 50 %. Этот факт важно учитывать при расчете рам на подрабатываемых территориях, особенно когда здание расположено вблизи мульды сдвижения.

8. Статический расчет многоэтажных рам каркасных зданий на общий крен осно-

вания дает удовлетворительные результаты только при вертикальных нагрузках, составляющих не более 10 % от их критических значений. При более высоких значениях вертикальных нагрузок учет изгибающего влияния продольных усилий изменяет напряженно-деформированное состояние в сторону увеличения расчетных усилий в сечениях конструкций. Этот факт необходимо учитывать при проектировании высотных каркасных зданий, в которых продольные усилия в колоннах нижних этажей достигают максимальных величин, а воздействия горизонтальных перемещений, поворотов и оседаний основания могут быть частично локализованы в уровне фундаментов путем устройства их в виде сплошных плит, перекрестных балок.

9. При вертикальных нагрузках, не превышающих 50 % их критических значений, расчет на симметричные относительно оси рамы перемещения основания можно выполнять без учета изгибающего влияния продольных усилий.

Библиографический список

1. Клепиков, С. Н. Расчет сооружений на деформируемом основании [Текст] / С. Н. Клепиков. — К. : НИИСК, 1996. — 204 с.
2. Мальшев, М. В. Прочность грунтов и устойчивость оснований [Текст] / М. В. Мальшев. — М. : Стройиздат, 1977. — 176 с.
3. Гольшев, А. Б. Железобетонные конструкции [Текст] / А. Б. Гольшев, В. П. Полищук, В. Я. Бачинский. — К. : Логос, 2001. — 420 с.
4. Эренбург, В. М. Эксплуатационные пластические шарниры в железобетонных ригелях рамных каркасов общественных зданий [Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук / В. М. Эренбург. — М., 1994. — 24 с.
5. Емец, Е. В. Совершенствование методов расчета конструкций каркасных зданий при неравномерных осадках основания [Текст] / Е. В. Емец // Современные проблемы строительства: ежегодный научно-технический сборник. — Донецк : Донецкий ПромстройНИИпроект, ООО «Лебедь», 2003. — Вып. 1(6). — С. 46–50.

© Емец Е. В.

© Коняшкина О. А.

© Никишина И. А.

Рекомендована к печати и.о. заведующего каф. СК ДонГТУ, к.т.н., доц. Псюком В. В., д.т.н., проф. каф. ГиПС ИСАиЖКХ ЛНУ им. В. Даля Дроздом Г. Я.

Статья поступила в редакцию 22.05.17.

к.т.н. Ємець О. В., Коняшкіна О. А., Нікішина І. О. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР)

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ПОЗДОВЖНІХ ЗУСИЛЬ НА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН БАГАТОПОВЕРХОВИХ РАМ НА НЕРІВНОМІРНО ДЕФОРМОВАНИЙ ОСНОВІ

Досліджено напружено-деформований стан багатопверхових рам при впливі на них переміщень основи. Проаналізовані фактори впливу поздовжніх зусиль, викликаних вертикальними навантаженнями, на напружено-деформований стан багатопверхових рам.

Ключові слова: *переміщення основ, деформована основа, напружено-деформований стан, рамні системи, жорсткість.*

PhD Yemets E. V., Koniashkina O. A., Nikishina I. A. (DonSTU, Alchevsk, LPR)

ANALYZING ON THE INFLUENCE OF AXIAL FORCES ON STRESS-STRAIN STATE OF MULTISTORY BENTS WITH UNEQUALLY DEFORMED BASEMENT

The stress-strain state of multistory bents has been examined when the basement displacement influenced them. The influences of axial forces caused by vertical loads on the stress-strain state of multistory bents have been analyzed.

Key words: *basement displacement, deformed basement, stress-strain state, framed systems, rigidity.*