

УДК 624.94.014.2

**А. В. Голиков, В. В. Маликова, П. В. Якимие**

*Волгоградский государственный технический университет*

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НЕРАВНОМЕРНЫХ ОСАДОК ФУНДАМЕНТОВ НА КАРКАС СТАЛЬНЫХ ЭТАЖЕРОК**

Конструкции из стали распространены в проектировании промышленных сооружений ввиду их относительной легкости, доступности и высокой ремонтпригодности. Однако вопрос выбора конструктивного решения, обоснованного правильным выбором расчетных моделей сооружения, обеспечивающих требуемый уровень надежности сооружения на протяжении всего периода эксплуатации, по-прежнему остается открытым. Выбор компоновки каркаса оказывает влияние на передачу и восприятие нагрузок на фундамент. В связи с техногенными воздействиями возникает риск появления в конструкциях дополнительных напряжений, обусловленных развитием в процессе эксплуатации неравномерных осадок соседних фундаментов. В работе изучено влияние неравномерных осадок фундаментов на работу различных типов стальных этажерок.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** этажерка, конструктивная форма, геометрические размеры, напряженно-деформированное состояние, неравномерные осадки, узлы сопряжения, деформации.

### **Введение**

Стальные промышленные этажерки служат для размещения технологического оборудования на промышленных предприятиях. При проектировании данных конструкций, в частности при расчете оснований по деформациям, не учитывается неравномерность перемещений узлов опирания колонн на фундаменты, представленные в виде относительной разницы осадок соседних фундаментов. Данные факторы на прямую влияют на статическую работу каркаса здания и могут вызывать крены, прогибы, перекосы, кручения. Поэтому расчет на неравномерность осадок соседних фундаментов с учетом конструктивных особенностей здания или сооружения на стадии проектирования может способствовать предотвращению аварийных ситуаций в результате реализации указанного техногенного воздействия.

Исследования, связанные с напряженно-деформированным состоянием грунтов и неравномерной осадкой фундаментов, подробно рассмотрены в трудах А. И. Субботина [1], А. В. Пилягина [2], С. И. Евтушенко [3, 4].

При проектировании конструкций основное значение имеет выбор конструктивного решения, соответствующего техническому заданию на проектирование. Оптимальные конструктивные решения и статическая работа каркаса рассмотрены в работах Т. В. Золиной [5, 6], Л. В. Енджиевского [7], но в этих исследованиях не затронута тема влияния неравномерных осадок фундамента на каркас здания. Поэтому при разработке узлов сопряжения элементов между собой и с опорными конструкциями, при условии выполнения надежного соединения элементов важно проанализировать, как выбор узлов крепления может влиять на значения усилий, возникающих в элементах конструкций, и на значения возникающих перемещений от действия неравномерных осадок соседних фундаментов.

Для Волгоградской области это особенно актуальная проблема, так как грунты в регионе, как правило, обладают слабыми физико-механическими

характеристиками, сложены несогласованными по толще массива слоями и имеют разные физико-механические свойства. Вопросы работы грунтов с указанными особенностями глубоко изучены в работах С. В. Кузнецовой, С. И. Маховой, Е. А. Степановой, И. Д. Махова [8, 9].

**Задачи:**

- выполнить обзор конструктивных решений стальных этажерок;
- определить основные нагрузки и характер их действия на конструкции стальных этажерок;
- выполнить моделирование выбранных вариантов расчетных схем для проведения серии расчетов;
- исследовать работу элементов надземных конструкций промышленных этажерок и изменение их напряженно-деформированного состояния под влиянием неравномерных осадок соседних фундаментов и этажности сооружения;
- предложить рекомендации по учету неравномерных осадок соседних фундаментов в качестве особого воздействия на стадии проектирования.

**Обзор конструктивных решений**

Промышленная этажерка является сооружением, предназначенным для размещения на ней технологического оборудования. Этажерки могут быть открытыми для воздействия атмосферных нагрузок или расположенными внутри основного производственного помещения. Каркас этажерки является основной несущей конструкцией, состоящей из следующих элементов: колонн, ригелей, вертикальных связей и горизонтальных жестких дисков — перекрытий, расположенных друг над другом. Количество перекрытий и расстояния между ними определяются требованиями технологического процесса. Перекрытие этажерки включает в себя настил и балочную клетку. Наиболее полно обзор конструктивных решений промышленных этажерок приведен в работе П. Н. Троицкого [10].

Характер работы балок как элемента каркаса конструкции описан в работах А. О. Лукина [11], А. С. Чепурненко, В. И. Андреева, Б. М. Языева [12].

В зарубежной литературе работа стальных балок отражена в трудах М. Okamura, Y. Fukasawa [13], W. Merati, P. Widagdo [14]. Вопросы оптимизации конструктивной формы и методы проектирования пространственных структурных конструкций описаны в работах W. Schueller, J. M. Gerrits, X. Yang [15—17]. Работа стальных изгибаемых стержневых элементов под действием статических нагрузок рассмотрена в работах коллег [18—23].

Сообщение между этажами происходит по приставным стальным лестницам, смонтированным на решетчатой стальной стойке. Перекрытия этажерок ограждаются по контуру стальными поручнями высотой 1 м. Данное требование отражено в первую очередь в нормативных документах, а также в справочной литературе [24], обобщающей отечественный опыт расчета и проектирования конструкций стальных этажерок.

В зависимости от способа крепления балок к колоннам различают крепление шарнирное и жесткое.

Риск реализации аварийной ситуации при эксплуатации технологического оборудования, расположенного на этажерках, повышается при возникновении таких факторов, как:

- утечки из водонесущих коммуникаций в результате износа трубопроводов;
- физико-геологические процессы и явления, связанные с коренными изменениями структуры грунтов;
- изменение режима грунтовых вод.

Указанные факторы и их влияние на работу конструкций детально изучены в трудах Г. А. Корецкой [25].

#### **Объект исследования и исходные данные**

Объектом исследования в данной работе являются промышленные стальные этажерки (рис. 1), расположенные внутри производственного здания, с сеткой колонн  $6 \times 6$  м, высотой этажа до 4,8 м. Основные требования к этажеркам приведены в нормативных документах: СП 43.13330.2012 и СТО 22-06-04<sup>1</sup>.

Параметрами, варьируемыми при проведении численных экспериментов, являются этажность и способ сопряжения элементов конструкции стальных этажерок.

Для анализа созданы расчетные схемы, моделирующие варианты конструктивных решений. Схемы, представленные в табл. 1, составлены в зависимости от двух критериев: этажности и способа сопряжения элементов конструкций между собой и способа опирания на фундамент.

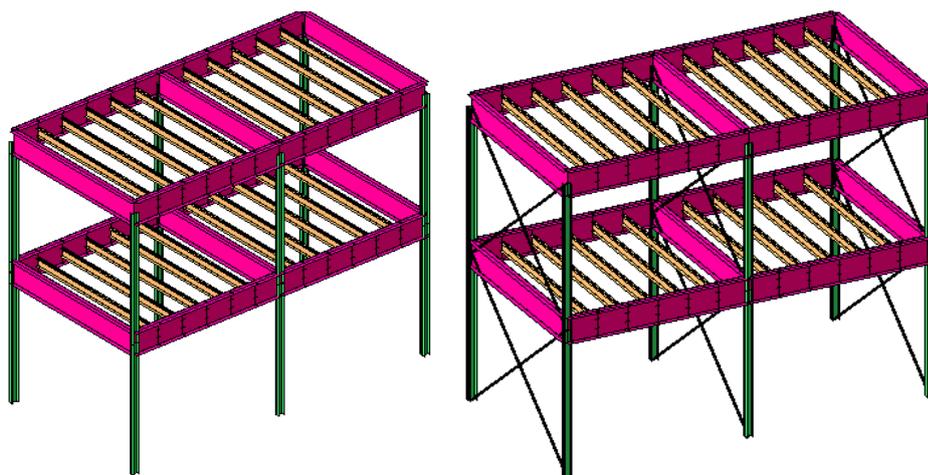


Рис. 1. Пространственная модель промышленной стальной этажерки

При разработке расчетной схемы конструкций этажерки с шарнирным сопряжением элементов между собой для обеспечения геометрической неизменяемости и достаточной прочности целесообразно выполнить устройство вертикальных связей в поперечном направлении.

Крепление колонны к фундаменту осуществляется в виде жесткого защемления, что при создании расчетной схемы реализуется путем наложения связей узлу опоры колонны, предотвращающих перемещение и поворот.

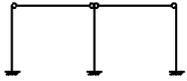
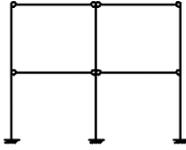
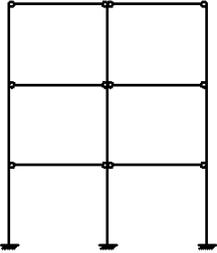
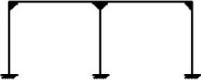
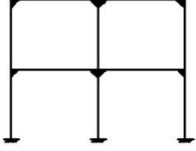
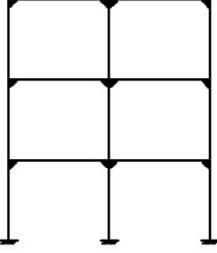
<sup>1</sup> СП 43.13330.2012. Сооружения промышленных предприятий. Актуализир. ред. СНиП 2.09.03-85. М., 2011.

СТО 22-06-04. Эксплуатация стальных конструкций промышленных зданий. М., 2004.

Действующими нагрузками на этажерку являются: постоянная нагрузка; весовые и температурные нагрузки; вес заполнения оборудования; временные распределенные нагрузки. Данные нагрузки рассмотрены в работах П. Н. Троицкого [10].

Таблица 1

Расчетные схемы для объектов исследования

| Вид сопряжения | Количество ярусов   |  |  |
|----------------|---|--|--|
|                | 1   | 2  | 3  |
| Шарнирное      |    |    |   |
| Жесткое        |  |  |  |

Расчетное сочетание нагрузок было выполнено в соответствии с действующими нормами. Установлены следующие сочетания нагрузок:

- основное сочетание, включающее в себя собственный вес несущих элементов, постоянная нагрузка от веса оборудования;
- особое сочетание 1 — собственный вес несущих элементов, постоянная нагрузка от веса оборудования, нагрузка от веса фундамента (размеры фундамента определены из расчета оснований по деформациям); расчет выполняется с исключением из расчета закрепления нижнего узла колонны, что моделирует подмыв грунтов основания под фундаментами;
- особое сочетание 2 — собственный вес несущих элементов, постоянная нагрузка от веса оборудования, заданное перемещение узла опоры, равное предельно допустимому значению относительной разности осадок ( $\Delta s / L$ ) (прикладывается исключительно в случаях, когда перемещения опорного узла при загрузении по особому сочетанию 1 дают значения относительной разности осадок большие, чем допускается нормами<sup>2</sup>).

<sup>2</sup> СП 22.13330.2016. Основания здания и сооружений. Актуализир. ред. СНиП 2.02.01-83\*.

Для проведения анализа исследования составлена блок-схема, представленная на рис. 2, в которой установлена последовательность применимости конкретного вида сочетания нагрузок.

По результатам основного сочетания получены сечения элементов, приведенные в табл. 2.

Таблица 2

Сечения элементов несущих конструкций

| Элемент конструкции | Характеристики сечения  |
|---------------------|---|
| Настил              | $t = 10$ мм   |
| Колонна             | Составной двутавр: пояс $200 \times 10$ ; стенка $200 \times 6$ |
| Главная балка       | Составной двутавр: пояс $260 \times 12$ ; стенка $800 \times 5$ |
| Балка настила       | I30   |

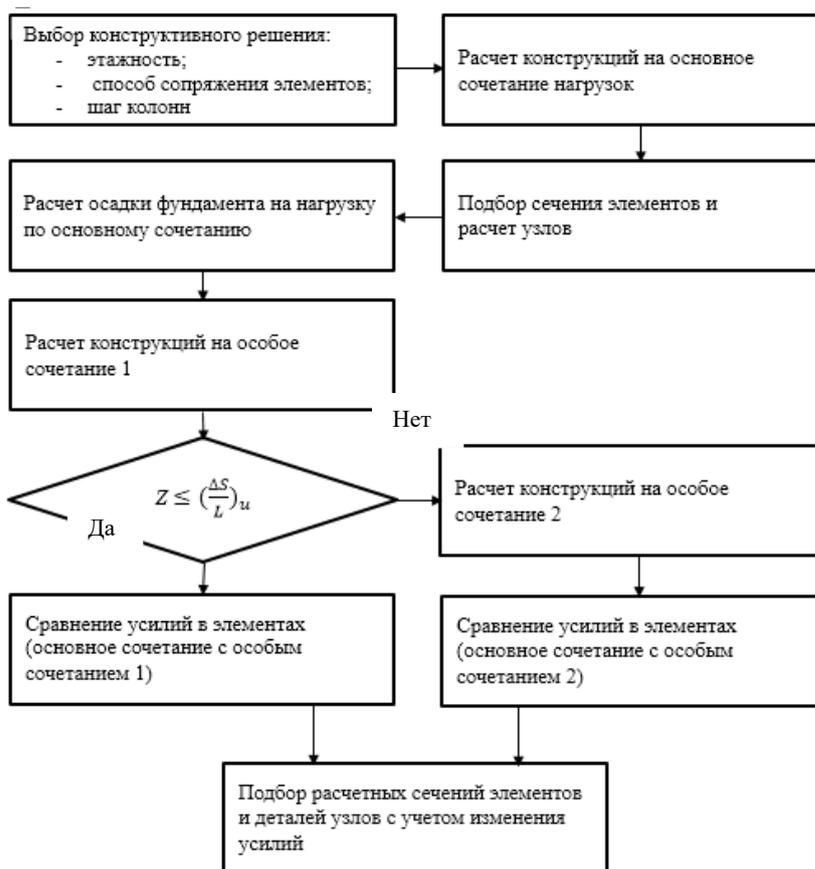


Рис. 2. Блок-схема расчета

Для оценки влияния неравномерной осадки фундамента выполним расчет по первому особому сочетанию нагрузок.

В результате проведенной серии расчетов по первому особому сочетанию нагрузок были получены значения перемещений (рис. 3—5), значительно превышающие предельно допустимое значение, рассчитанное по формуле

$$\Delta S_u = 0,004 \cdot L = 0,004 \cdot 6,0 = 0,024 \text{ м,}$$

где  $\Delta S_u$  — разность осадок (просадок) фундаментов;  $L$  — расстояние между соседними колоннами.

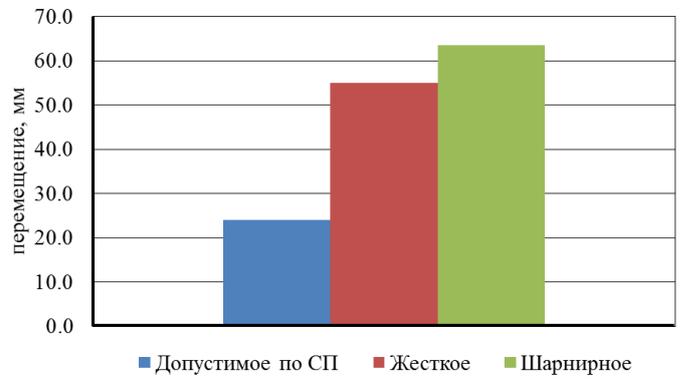


Рис. 3. Гистограмма значений перемещений узла опоры для одноэтажной стальной этажерки от действия первого особого сочетания нагрузок

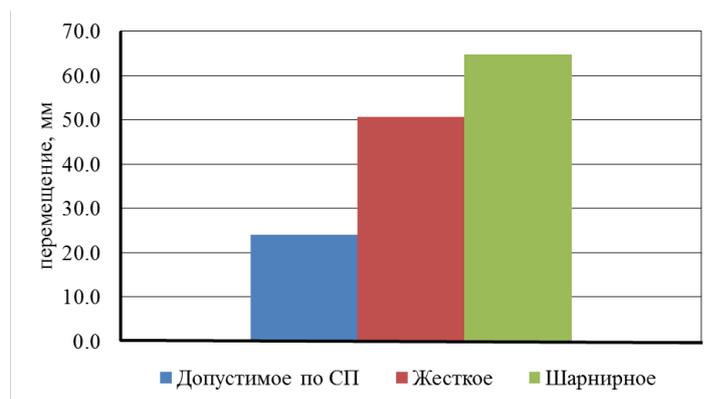


Рис. 4. Гистограмма значений перемещений узла опоры для двухэтажной стальной этажерки от действия первого особого сочетания нагрузок

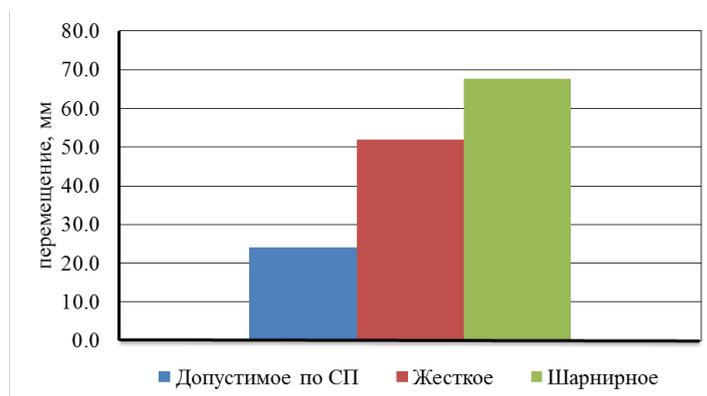


Рис. 5. Гистограмма значений перемещений узла опоры для трехэтажной стальной этажерки от действия первого особого сочетания нагрузок

Полученные значения перемещения опорного узла колонны при расчете на действие первого особого сочетания нагрузок значительно превышают предельно допустимое значение относительной разницы осадок соседних фундаментов, требуемое нормами<sup>3</sup>. Таким образом, приходим к выводу о необходимости проведения расчета по второму особому сочетанию нагрузок, при котором предусмотрена вероятность появления неравномерной осадки в виде заданного перемещения, моделирующего расчет на неравномерность осадок соседних фундаментов в пределах допускаемых нормами значений.

Для установления влияния на изменение НДС конструкций стальных этажерок неравномерных деформаций, заданных в виде вынужденного перемещения, проведены серии расчетов этажерок.

Для формирования второго сочетания задаем нагрузку в виде вынужденного перемещения одного из узлов колонны. По изменению усилий в несущих конструкциях можно судить о влиянии заданного перемещения на НДС и применимости данного вида загрузки для расчетов подобных конструкций.

Характер изменения НДС конструкции этажерок различной этажности и способа сопряжения элементов между собой показан на рис. 6—17.

По результатам проведенных расчетов установлено, что нагрузка в виде вынужденного перемещения (на рисунках значение красным цветом), равного предельному значению, установленному нормативными документами, приводит к увеличению усилий в элементах с увеличением этажности.

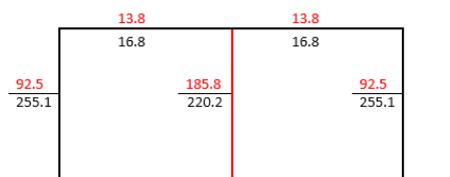


Рис. 6. Значения усилий  $N$ , кН, в одноэтажной этажерке с жестким креплением ригеля к колоннам

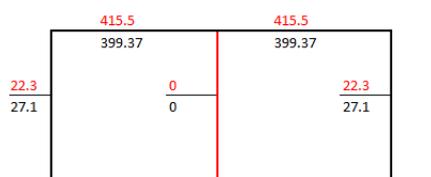


Рис. 7. Значения усилий  $M$ , кН × м, в одноэтажной этажерке с жестким креплением ригеля к колоннам

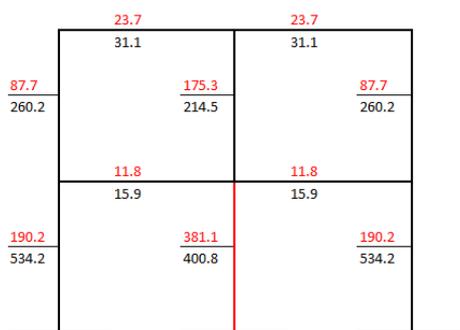


Рис. 8. Значения усилий  $N$ , кН, в двухэтажной этажерке с жестким креплением ригеля к колоннам

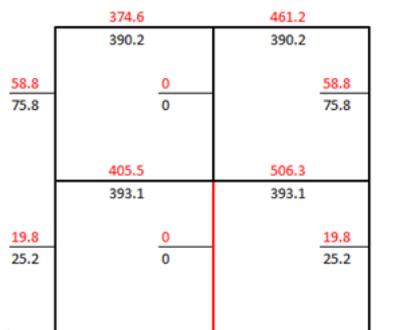


Рис. 9. Значения усилий  $M$ , кН × м, в двухэтажной этажерке с жестким креплением ригеля к колоннам

<sup>3</sup> СП 22.13330.2016. Основания здания и сооружений. Актуализир. ред. СНиП 2.02.01-83\*. М., 2016.

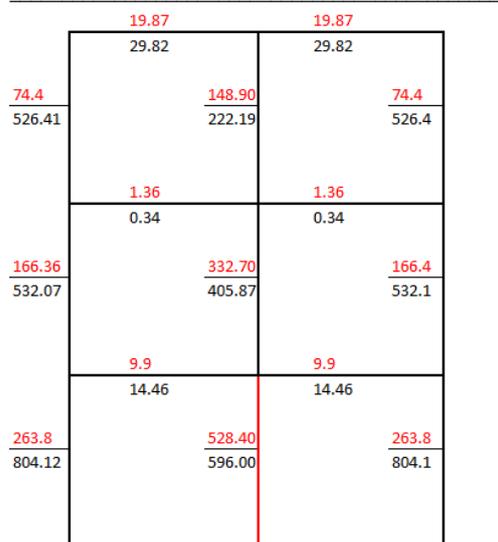


Рис. 10. Значения усилий  $N$ , кН, в трехэтажной этажерке с жестким креплением ригеля к колоннам

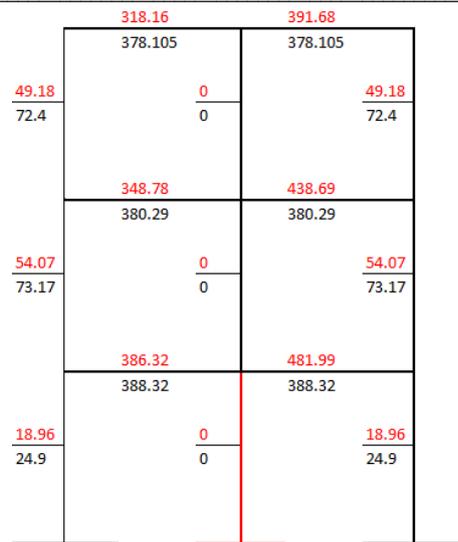


Рис. 11. Значения усилий  $M$ , кН  $\times$  м, в трехэтажной этажерке с жестким креплением ригеля к колоннам

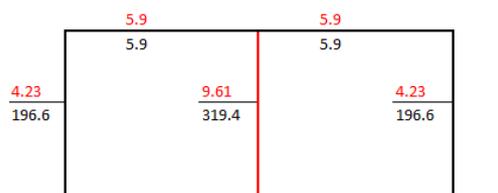


Рис. 12. Значения усилий  $N$ , кН, в одноэтажной этажерке с шарнирным креплением ригеля к колоннам

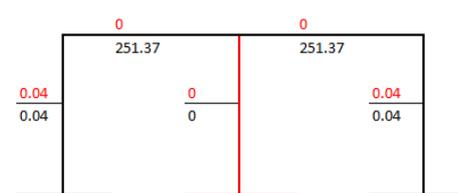


Рис. 13. Значения усилий  $M$ , кН  $\times$  м, в одноэтажной этажерке с шарнирным креплением ригеля к колоннам



Рис. 14. Значения усилий  $N$ , кН, в двухэтажной этажерке с шарнирным креплением ригеля к колоннам

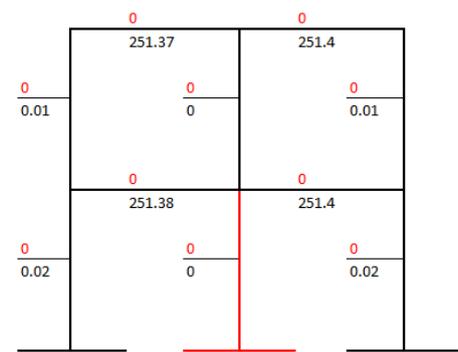


Рис. 15. Значения усилий  $M$ , кН  $\times$  м, в двухэтажной этажерке с шарнирным креплением ригеля к колоннам

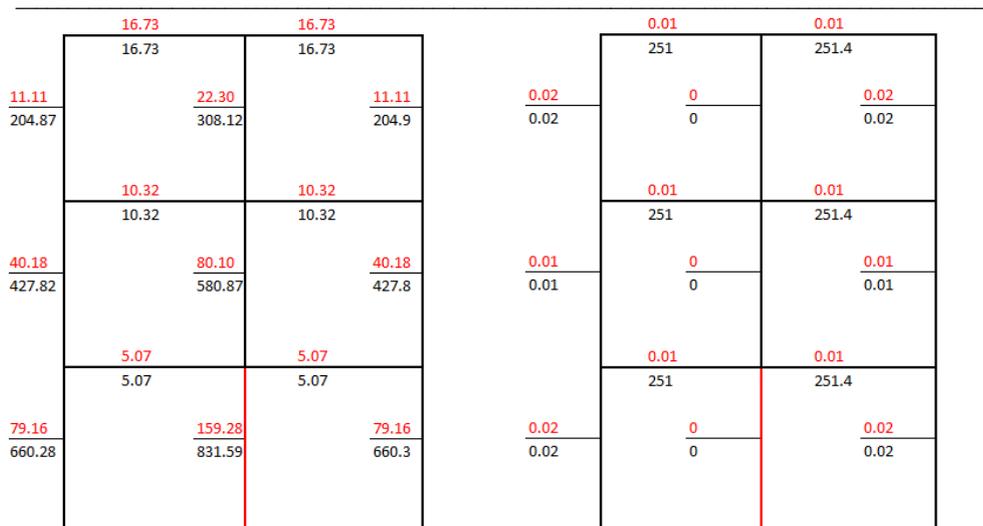


Рис. 16. Значения усилий  $N$ , кН, в трехэтажной этажерке с шарнирным креплением ригеля к колоннам

Рис. 17. Значения усилий  $M$ , кН × м, в трехэтажной этажерке с шарнирным креплением ригеля к колоннам

Доля значения продольного усилия от нагрузки в виде вынужденного перемещения в составе РСН составляет:

- а) для одноэтажной этажерки с жестким сопряжением (см. рис. 6):
  - в колонне, непосредственно подвергнувшейся воздействию нагрузки в виде вынужденного перемещения, — 84,38 %;
  - в крайних колоннах — 36,26 %;
  - в главной балке — 82,14 %;
- б) для одноэтажной этажерки с шарнирным сопряжением (см. рис. 12):
  - в колонне, непосредственно подвергнувшейся воздействию нагрузки в виде вынужденного перемещения, — 3,00 %;
  - в крайних колоннах — 2,15 %;
  - в главной балке — 0 %;
- в) для двухэтажной этажерки с жестким сопряжением (см. рис. 8):
  - в колонне, непосредственно подвергнувшейся воздействию нагрузки в виде вынужденного перемещения, — 88,4 %;
  - в крайних колоннах — 34,65 %;
  - в главной балке — 75,21 %;
- г) для двухэтажной этажерки с шарнирным сопряжением (см. рис. 14):
  - в колонне, непосредственно подвергнувшейся воздействию нагрузки в виде вынужденного перемещения, — 8,87 %;
  - в крайних колоннах — 6,41 %;
  - в главной балке — 0 %;
- д) для трехэтажной этажерки с жестким сопряжением (см. рис. 10):
  - в колонне, непосредственно подвергнувшейся воздействию нагрузки в виде вынужденного перемещения, — 79,21 %;
  - в крайних колоннах — 26,07 %;
  - в главной балке — 67,57 %;

- е) для трехэтажной этажерки с шарнирным сопряжением (см. рис. 16):
- в колонне, непосредственно подвергнувшейся воздействию нагрузки в виде вынужденного перемещения, — 13,39 %;
  - в крайних колоннах — 26,07 %;
  - в главной балке — 0 %.

Таким образом, из анализа возникающего продольного усилия от нагрузки в виде вынужденного перемещения в составе РСН можно сделать вывод о том, что наиболее восприимчивой системой каркаса к вынужденному перемещению является этажерка с жестким сопряжением элементов каркаса.

Для полноты анализа вычислим долю значения момента от нагрузки в виде вынужденного перемещения в составе РСН, которая составляет:

- а) для одноэтажной этажерки с жестким сопряжением (см. рис. 7):
- в колонне, непосредственно подвергнувшейся воздействию нагрузки в виде вынужденного перемещения, — 0 %;
  - в крайних колоннах — 82,29 %;
  - в главной балке — 96,12 %;
- б) для одноэтажной этажерки с шарнирным сопряжением (см. рис. 13):
- в колонне, непосредственно подвергнувшейся воздействию нагрузки в виде вынужденного перемещения, — 0 %;
  - в крайних колоннах — 0 %;
  - в главной балке — 0 %;
- в) для двухэтажной этажерки с жестким сопряжением (см. рис. 9):
- в колонне, непосредственно подвергнувшейся воздействию нагрузки в виде вынужденного перемещения, — 0 %;
  - в крайних колоннах — 78,07 %;
  - в главной балке — 80,6 %;
- г) для двухэтажной этажерки с шарнирным сопряжением (см. рис. 15):
- в колонне, непосредственно подвергнувшейся воздействию нагрузки в виде вынужденного перемещения, — 0 %;
  - в крайних колоннах — 0 %;
  - в главной балке — 0 %;
- д) для трехэтажной этажерки с жестким сопряжением (см. рис. 11):
- в колонне, непосредственно подвергнувшейся воздействию нагрузки в виде вынужденного перемещения, — 0 %;
  - в крайних колоннах — 72,67 %;
  - в главной балке — 80,57 %;
- е) для трехэтажной этажерки с шарнирным сопряжением (см. рис. 17):
- в колонне, непосредственно подвергнувшейся воздействию нагрузки в виде вынужденного перемещения, — 0 %;
  - в крайних колоннах — 0 %;
  - в главной балке — 0 %.

При этом характерной особенностью изменения момента в главной балке является то, что основное сочетание, включающее в себя собственный вес несущих элементов и постоянную нагрузку от веса оборудования, оказывается разгружающим фактором, действующим на элемент при жестком сопряжении.

## Выводы

1. В результате выполненного обзора методов расчета промышленных этажерок установлено, что при проектировании стальных этажерок не учитывается расчет на разницу осадок соседних фундаментов (относительная разность осадок соседних фундаментов), что и стало основанием для выбора направления исследования и критерия поиска рациональной конструктивной формы.

2. В ходе исследования определено основное сочетание нагрузок: постоянная нагрузка, включающая в себя вес оборудования и собственный вес конструкций. Для оценки влияния относительной разницы осадки соседних фундаментов предложены два сочетания: первое — нагрузка от веса фундамента при исключении из работы опоры; второе — вынужденное перемещение опоры колонны.

3. Установлен алгоритм проведения исследования по определению влияния нагрузки, моделирующей разницу осадок соседних фундаментов.

4. Полученные значения перемещения узла опоры колонны для первого особого сочетания нагрузок для каждой расчетной схемы значительно превышают предельно допустимое значение относительной разницы осадок соседних фундаментов для всех случаев опирания вне зависимости от рассмотренного числа этажей.

5. По результатам проведенных расчетов на действие второго особого сочетания нагрузок, заданного в виде вынужденного перемещения, установлено, что нагрузка в виде вынужденного перемещения, равного предельному значению, установленному нормативными документами, приводит к увеличению усилий в элементах с увеличением этажности.

6. По результатам проведенных исследований установлено, что наиболее рациональной по критерию жесткости системы здания является этажерка с жестким сопряжением элементов по сравнению с шарнирным сопряжением.

7. Для обоснования полученных результатов необходимо проведение физических экспериментов на масштабных моделях конструкций совместно с массивом грунтов основания.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Субботин А. И. Расчет осадки фундаментов больших площадей с учетом ограниченной распределительной способности грунтов основания // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2018. № 54(73). С. 43—51.
2. Пялягин А. В., Махова С. И. Учет взаимного влияния фундаментов в расчетах по деформациям // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2011. № 25(44). С. 36—41.
3. Евтушенко С. И., Богомолов А. Н., Пихур В. Н. Изучение предельной несущей способности двух близко расположенных столбчатых фундаментов // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2011. № 24(43). С. 29—32.
4. Евтушенко С. И. Несущая способность и осадки сплошных сборных плитных фундаментов из структурных элементов // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2011. № 23(42). С. 47—53.
5. Золина Т. В. Вероятностный расчет одноэтажного промышленного здания, оборудованного мостовым краном, с учетом пространственной работы его каркаса // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2012. № 28(47). С. 7—13.
6. Золина Т. В., Садчиков П. Н. Концептуальная схема исследования напряженно-деформированного состояния промышленного здания // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2013. № 33(52). С. 47—50.

7. Енджиевский Л. В., Тарасов А. В. Конструктивные решения несущих элементов и узлов рамы каркаса здания из стальных тонкостенных профилей // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2013. № 31-2(50). С. 29—34.
8. Кузнецова С. В., Махова С. И., Степанова Е. А., Махов И. Д. Изысканий на территории г. Волгограда // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2019. № 3(76). С. 32—39.
9. Кузнецова С. В., Махова С. И., Степанова Е. А. Анализ изменения геоэкологических и инженерно-геологических условий г. Волгограда под техногенным воздействием // Актуальные проблемы и перспективы развития строительного комплекса : сб. ст. междунар. науч.-практ. конф., Волгоград, 3—4 дек. 2019 г. Волгоград : Волгогр. гос. техн. ун-т, 2019. С. 179—184.
10. Троицкий П. Н. Промышленные этажерки. М. : Стройиздат, 1965. 172 с.
11. Лукин А. О. Определение прогибов балок с гофрированной стенкой с учетом сдвиговых деформаций // Инженер. вестн. Дона. 2013. № 1.
12. Чепурненко А. С., Андреев В. И., Языев Б. М. Построение модели равнопрочной многопролетной балки // Инженер. вестн. Дона. 2013. № 1.
13. Okamura M., Fukasawa Y. Characteristics of local vibration in i-section steel beam subjected to lateral impact load / Ed. by N. Jones, The University of Liverpool, United Kingdom and C. A. Brebbia, Wessex Institute of Technology, United Kingdom. SAFE 2019.
14. Merati W., Widagdo P. The effects of column stirrup and longitudinal beam reinforcement on exterior beam-column joint under cyclic loading.
15. Schueller W. Horizontal-Span Building Structures. John Wiley and Sons, 1983. 594 p.
16. Gerrits J. M. An architectonic approach of choosing a space frame system // Lightweight Structures in Architecture. Engineering and Construction. 1998. Vol. 2. Pp. 992—999.
17. Yang X., Bai Y., Ding F. Structural Performance of a large-scale space frame assembled using pultruded GFRP composites // Composite Structures. 2015. Vol. 133. Pp. 986—996.
18. Kiss L. P. Stability of fixed-fixed shallow arches under arbitrary radial and vertical forces // Magazine of Civil Engineering. 2020. Vol. 95. No. 3. Pp. 31—41. DOI: 10.34910/MCE.102.8.
19. Jia-Lin Ma, Tak-Ming Chan, Ben Young. Cold-formed high strength steel tubular beam-columns // Engineering Structures. 2020. No. 232. DOI: 10.1016/j.engstruct.2020.111618.
20. Nabati A., Ghanbari-Ghazijahani T., Valipour H. R. Innovative flitch sandwich beams with steel core under four-point bending // Engineering Structures. 2020. No. 233. DOI: 10.1016/j.engstruct.2020.111724.
21. Moon-Young Kim, Nemekhbayar Nanzad, Umar Hayat. Effects of un-bonded deviators on the out-of-plane buckling of steel H-beams pre-stressed by a straight tendon cable // Engineering Structures. 2020. No. 214. DOI: 10.1016/j.engstruct.2020.110566.
22. Numerical investigation and design rules for flexural capacities of H-section high-strength steel beams with and without web openings / R. Feng, J. Liu, Z. Chen, K. Roy, B. Chen, J. B. P. Lim // Engineering Structures. 2020. No. 225. DOI: 10.1016/j.engstruct.2020.111278.
23. Haji M., Azarhomayun F., Ghiami Azad A. R. Numerical investigation of truss-shaped braces in eccentrically braced steel frames // Magazine of Civil Engineering. 2021. Vol. 102 No. 2. DOI: 10.34910/MCE.102.8.
24. Металлические конструкции : в 3 т. Т. 1. Элементы конструкций : учеб. для строит. вузов / В. В. Горев, Б. Ю. Уваров, В. В. Филиппов и др. ; под ред. В. В. Горева. 3-е изд., стер. М. : Высш. шк., 2004. 551 с.
25. Корецкая Г. А., Корецкий Д. С. Анализ влияния техногенных и природных факторов на осадки фундаментов зданий и сооружений Беловской ГРЭС // Вестн. КузГТУ. 2015. № 1. С. 54—56.

© Голиков А. В., Маликова В. В., Якимив П. В., 2022

Поступила в редакцию  
в январе 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Голиков А. В., Маликова В. В., Якимив П. В. Оценка влияния неравномерных осадок фундаментов на каркас стальных этажерок // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 1(86). С. 5—17.

*Об авторах:*

**Голиков Александр Владимирович** — канд. техн. наук, доц. каф. строительных конструкций, оснований и надежности сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; alexandr\_golikov@mail.ru

**Маликова Виктория Владимировна** — магистрант каф. строительных конструкций, оснований и надежности сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

**Якимив Павел Владимирович** — студент, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; pyakimiv02@gmail.com

**Alexander V. Golikov, Victoria V. Malikova, Pavel V. Yakimiv**

**Volgograd State Technical University**

**ASSESSMENT OF INFLUENCE OF UNEQUAL SETTLEMENT OF FOUNDATIONS ON STEEL DECK FRAMES**

Structures made of steel are widespread in the design of industrial buildings in view of their relative lightness, availability and high maintainability. However, the question of structural solution selection, justified by the right choice of design models of the building, providing the required level of reliability of the structure during the whole operation period, still remains unsolved. The choice of frame layout influences the transmission and absorption of loads on the foundations. In connection with man-caused influences there is a risk of appearance of not uniform foundation settlement on operation of various types of steel frames.

**Key words:** frame, structural form, geometrical dimensions, stressed-strained state, non-uniform settlements, interface nodes, deformations.

*For citation:*

Golikov A. V., Malikova V. V., Yakimiv P. V. [Assessment of influence of unequal settlement of foundations on steel deck frames]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2022, iss. 1, pp. 5—17.

*About authors:*

**Alexander V. Golikov** — Candidate of Engineering Sciences, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; alexandr\_golikov@mail.ru

**Victoria V. Malikova** — Master's Degree student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

**Pavel V. Yakimiv** — Student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; pyakimiv02@gmail.com