

*А.В. Шаповал, к.т.н., Е.С. Титякова, к.т.н., В.Г. Шаповал, д.т.н.
Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ РАМНОЙ КОНСТРУКЦИИ НА ГРУНТОВОМ СЛОЕ КОНЕЧНОЙ ТОЛЩИНЫ

Экспериментально исследованы закономерности распределения усилий в двухпролетной раме на слое конечной толщины. Выявлена четкая взаимосвязь между усилиями в элементах рамы и толщиной грунтового слоя.

Ключевые слова: *слой конечной толщины, рамная конструкция, осадки.*

*А.В. Шаповал, к.т.н., К.С. Титякова, к.т.н., В.Г. Шаповал, д.т.н.
Придніпровська державна академія будівництва і архітектури*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ РАМНОЇ КОНСТРУКЦІЇ НА ГРУНТОВОМУ ШАРІ СКІНЧЕНОЇ ТОВЩИНИ

Експериментально досліджені закономірності розподілу зусиль у двопробльотній рамі на шарі скінченної товщини. Виявлений чіткий взаємозв'язок між зусиллями в елементах рами і товщиною грунтового шару.

Ключові слова: *шар скінченної товщини, рамна конструкція, осідання.*

*A.V. Shapoval, Dr-Ing., E.S. Tytyakova, Dr-Ing., V.H. Shapoval, DrSc.
Prydniprovsk State Academy of Architecture and Civil Engineering*

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE STRESS-STRAIN STATE OF FRAME CONSTRUCTION ON A SOIL LAYER OF FINITE THICKNESS

An experimental investigation of the distribution of effort in the two-span frame on a layer of finite thickness. A clear relationship between efforts in the frame member and the thickness of the base layer.

Keywords: *layer of finite thickness, frame construction, settlement.*

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными практическими задачами. Проблема исследования совместной работы оснований и расположенных на них фундаментов и надфундаментных строений является актуальной [1, 2]. При этом заслуживает внимания учет влияния толщины грунтового слоя из раздробленного грунта, подстилаемого скалой, (т.е. слоя конечной толщины) на напряженно - деформированное состояние систем «основание – фундамент (или фундаменты) – надфундаментное строение». Это обусловлено тем, что напряженно-деформированное состояние слоя конечной толщины существенно отличается от напряженно-деформированного состояния полупространства [2].

Анализ последних исследований и публикаций, в которых положено начало решению данной проблемы. Определению напряженно-деформированного состояния систем «основание – фундамент (или фундаменты) – надфундаментное строение» посвящены работы авторов [3, 4]. При этом в них отсутствует анализ закономерностей трансформации напряженно-деформированного состояния системы «основание – фундамент (или фундаменты) – надфундаментное строение» в зависимости от толщины грунтового слоя, на который опираются фундаменты.

Выделение ранее не решенных частей общей проблемы, которым посвящена данная статья. В связи с вышеизложенным целесообразно проанализировать

качественные и количественные закономерности распределения усилий в расположенной на грунтовом слое конечной толщины конструкции.

Цель работы – экспериментальное выявление качественных и количественных закономерностей трансформации напряженно-деформированного состояния рамной конструкции на грунтовом слое конечной толщины в зависимости от толщины грунтового слоя.

Изложение основного материала исследования. В ходе экспериментальных исследований нами была испытана двухпролетная рама, геометрические характеристики которой представлены на рис. 1.

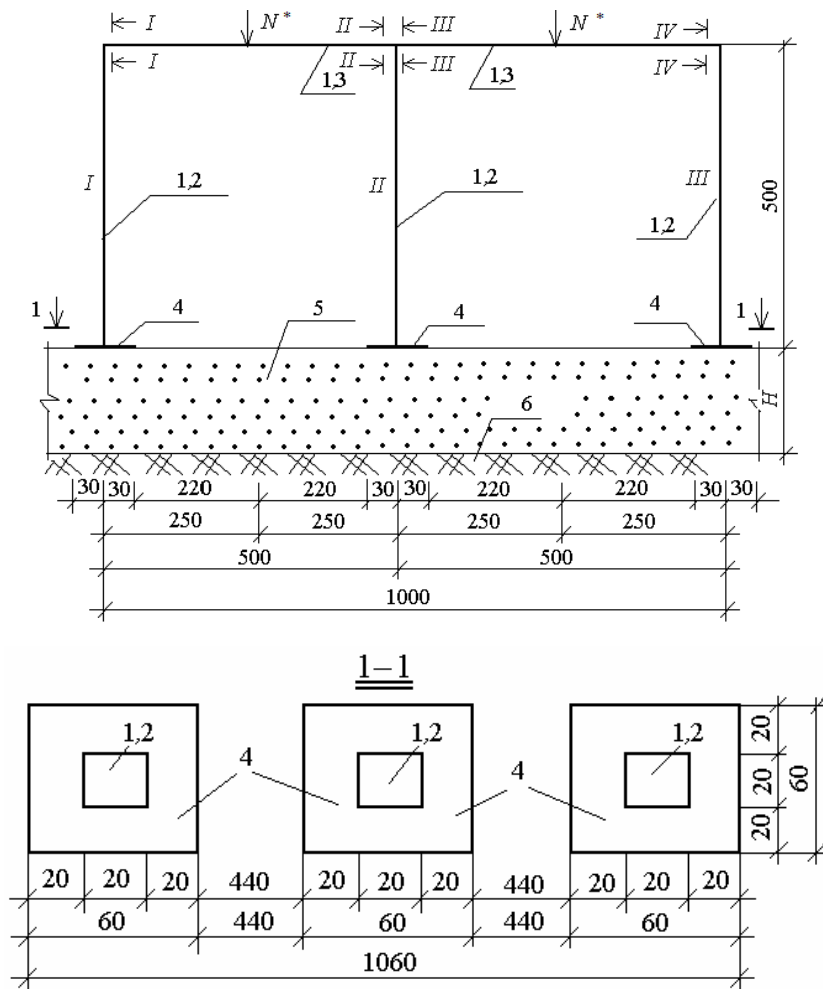


Рисунок 1 – Экспериментальная установка (схема): 1 – рама; 2 – стойки (кв.тр. 2х20х20); 3 – ригель (кв.тр. 2х20х20); 4 – фундаменты (-10х60х60); 5 – основание; 6 – жесткий подстилающий слой (ж/б плита толщиной 200 мм); N – вертикальная сила; H – толщина грунтового слоя

В ходе лотковых экспериментов варьировались такие параметры:

- вид слагающего основание грунта (испытывались песок и суглинок);
- свойства слагающего основание грунта;
- величина приложенной к ригелю рамы нагрузки;
- толщина грунтового слоя.

Свойства испытанного нами грунта представлены в таблице 1.

Таблица 1 – **Физические и механические свойства грунта**

№ <i>n/n</i>	Наименование характеристики	Обозначение и единица измерения	Вид грунта (наименование)	
			Суглинок	Песок мелкий
1	Удельный вес грунтовых частиц	$\gamma_s, \text{кН/м}^3$	26,8	26,6
2	Удельный вес грунта	$\gamma, \text{кН/м}^3$	19,3	19,9
3	Весовая влажность	$W, \text{д.ед.}$	0,26	0,22
4	Число пластичности	$I_p, \text{д.ед.}$	0,10	-
5	Показатель консистенции	$I_L, \text{д.ед.}$	0,62	-
6	Коэффициент пористости	$e, \text{д.ед.}$	0,76	0,63
7	Степень влажности	$S_r, \text{д.ед.}$	0,93	0,94
8	Угол внутреннего трения	$\varphi, \text{град.}$	17,0	25,0
9	Удельное сцепление	$C, \text{кПа}$	12,0	2,0
10	Коэффициент Пуассона	$\nu, \text{д.ед.}$	0,35	0,30
11	Модуль общей деформации	$E, \text{кПа}$	257	2030

Для того чтобы выполнить сопоставление полученных в ходе лотковых экспериментов данных с натурными, нами были использованы элементы теории размерностей (точнее, Пи-теорема) [5]. Пи-комплексы были приняты в виде:

1. Для системы «основание – фундаменты»:

$$\pi_1 = 2 \cdot H/b. \quad (1)$$

2. Для осадки отдельных фундаментов:

$$\pi_2 = \omega \cdot \frac{(1-\nu^2)}{E} \cdot \frac{P \cdot b}{S}. \quad (2)$$

Здесь π_1 и π_2 безразмерные Пи-комплексы; ν – коэффициент Пуассона основания; E – модуль общей деформации основания; b – ширина подошвы фундамента; $P = N^*/F$ – среднее давление под подошвой фундамента; N^* – величина приложенной на уровне подошвы фундамента равнодействующей всех вертикальных сил; S – средняя осадка фундамента; $F = b^2$ – площадь фундамента.

Диапазоны изменения π -комплексов для реальных сооружений и принятый в ходе эксперимента представлены в таблице 2.

Нагрузка к ригелям рамы прикладывалась ступенями, каждая из которых выдерживалась до условной стабилизации (рис. 2).

В ходе эксперимента регистрировались перемещения фундаментов рамы, после чего в ней расчетным путем определялись усилия в ее элементах. Полученные таким образом данные представлены на рисунках 3...7, на которых сплошными прямыми линиями обозначены линии трендов.

Таблица 2 – **Диапазон изменения π -комплексов**

№ <i>n/n</i>	Наименование условий испытаний	Диапазон изменения π -комплексов	
		π_1	π_2
1	Натурные условия	0,5...5,0	0,3...3,41
2	Лотковый эксперимент	1,0...5,0	0,01...3,5

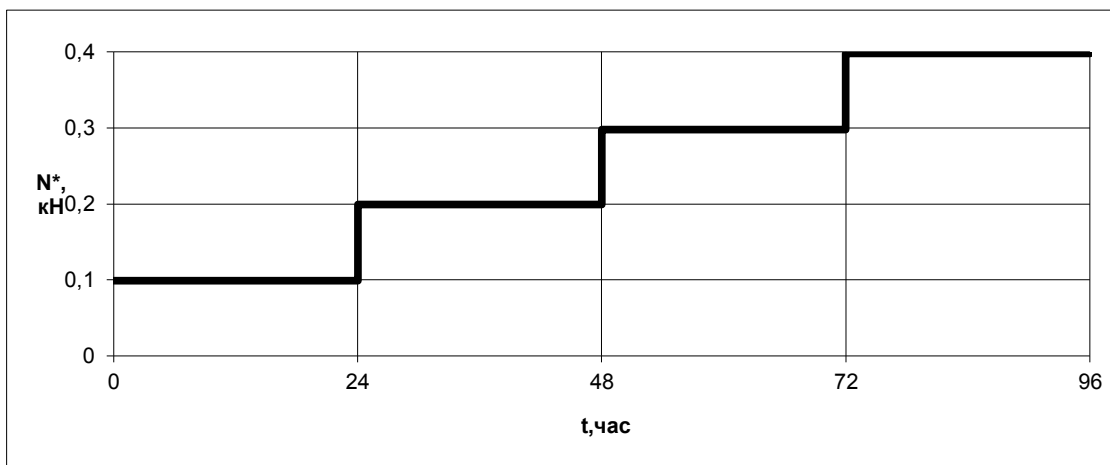


Рисунок 2 – Принятая в ходе испытаний зависимость «вертикальная сила – время»

Представленные на рисунках кривые позволили нам сделать такие **выводы**:

1. При возрастании относительной толщины грунтового слоя при прочих равных условиях средние осадки фундаментов увеличиваются.

2. При уменьшении относительной толщины грунтового слоя при прочих равных условиях имеет место тенденция возрастания осевой силы в центральной стойке рамной конструкции и уменьшения – в крайних стойках.

3. Чем меньше относительная толщина грунтового слоя, тем при прочих равных условиях больше среднее давление под подошвой фундамента под центральную стойку рамной конструкции и меньше – по подошве фундаментов под крайние стойки.

4. При возрастании толщины грунтового слоя и прочих равных условиях изгибающие моменты в ригеле вблизи крайних стоек возрастают, а вблизи центральной – убывают.

5. При возрастании толщины грунтового слоя и прочих равных условиях значения перерезывающей силы в ригеле вблизи крайних стоек возрастают, а вблизи центральной – убывают.

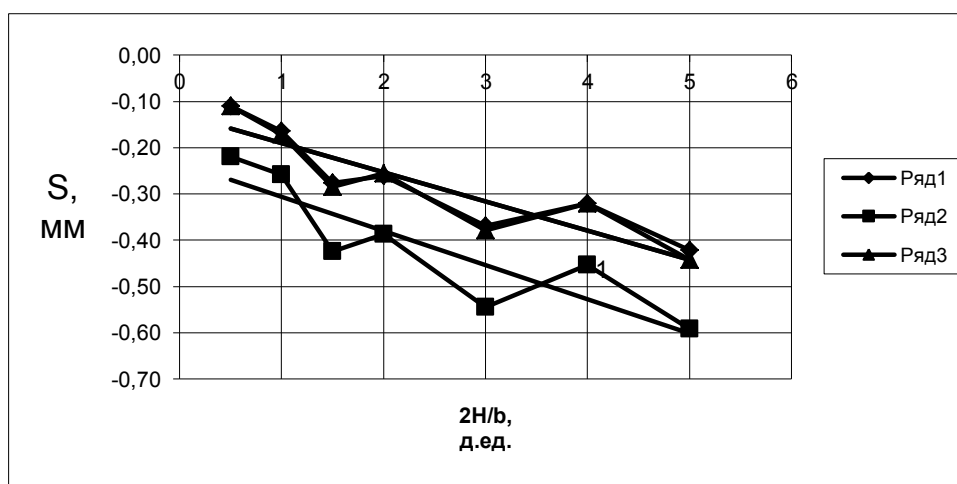


Рисунок 3 – Зависимость осадок опор рамы от относительной толщины грунтового слоя: $N^*=0,3$ кН; 1 – фундамент опоры №1; 2 – то же, №2; 3 – то же, №3

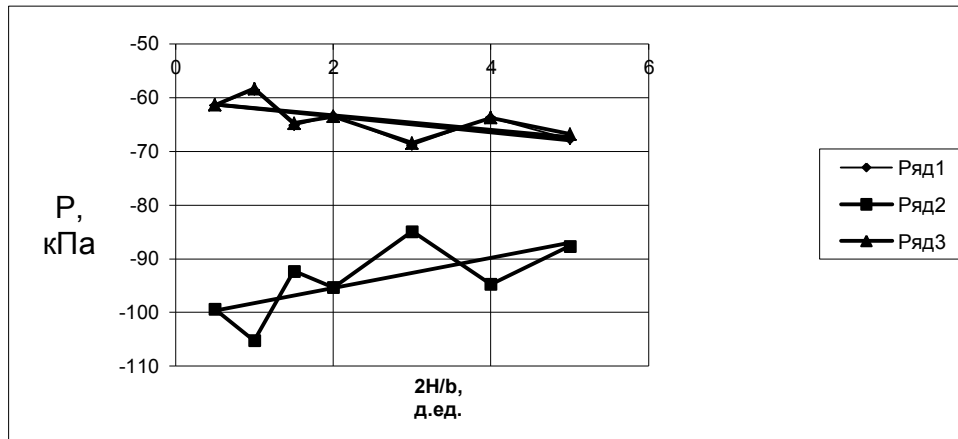


Рисунок 4 – Зависимость среднего давления от относительной толщины грунтового слоя: $N^*=0,4$ кН; 1 – фундамент опоры №1; 2 – то же, №2; 3 – то же, №3

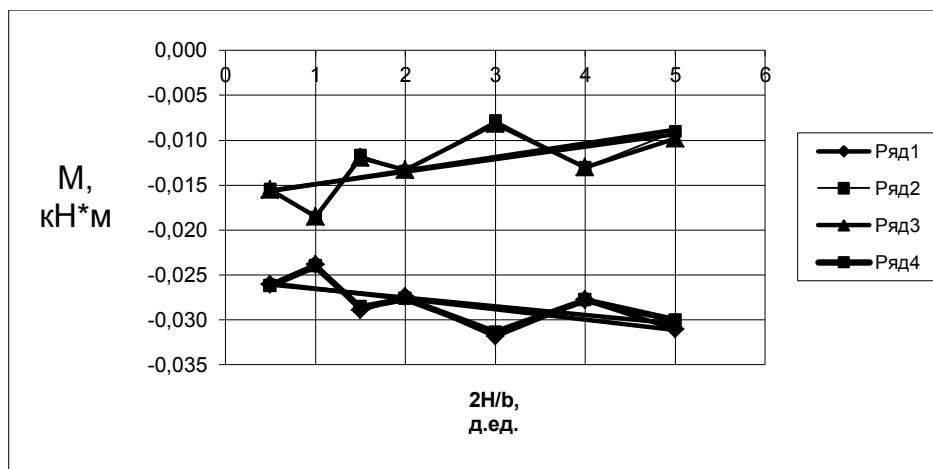


Рисунок 5 – Зависимость изгибающих моментов от относительной толщины слоя: $N^*=0,4$ кН; 1 – сечение 1 – 1; 2 – то же, 2 – 2; 3 – то же, 3 – 3; 4 – то же, 4 – 4. Рисунок 4 – Усилия в сваях

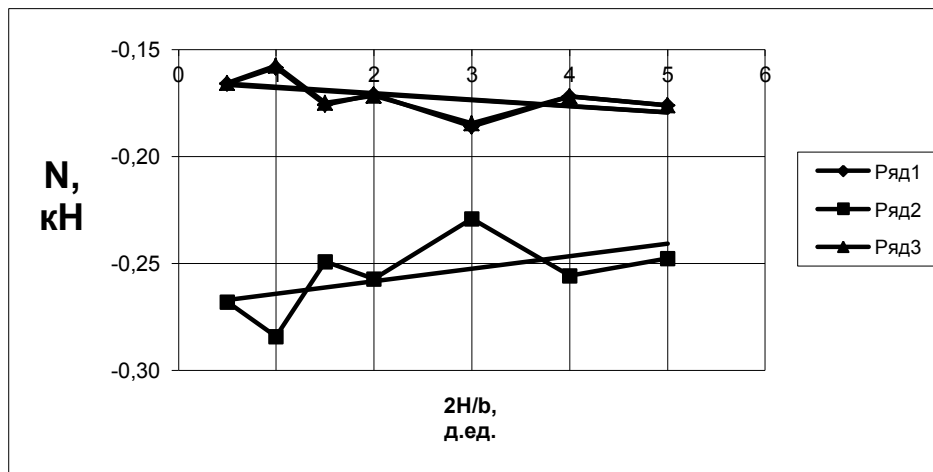


Рисунок 6 – Зависимость осевых усилий в стойках рамы от относительной толщины слоя: $N^*=0,4$ кН; 1 – фундамент опоры №1; 2 – то же, №2; 3 – то же, №3

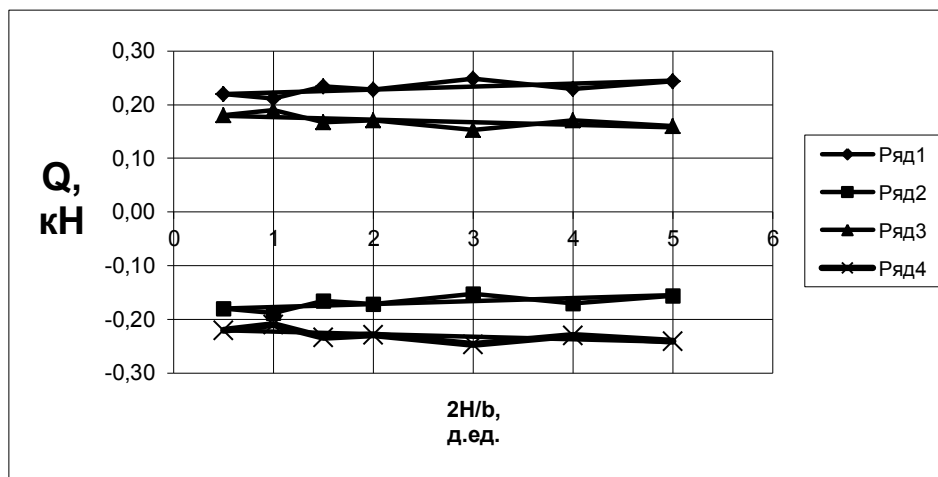


Рисунок 7 – Зависимость перерезывающей силы в ригеле от относительной толщины слоя: $N^*=0,4$ кН; 1 – сечение 1 – 1; 2 – то же, 2 – 2; 3 – то же, 3 – 3; 4 – то же, 4 – 4

Литература

1. Горбунов-Посадов, М.И. О совместной работе оснований и сооружений / М.И. Горбунов-Посадов, С.С. Давыдов // Труды к VIII Международному конгрессу по механике грунтов и фундаментостроению. – М., 1975. – С. 383–392.
2. Механика грунтов, основания и фундаменты. С.Б. Ухов и др.: учебник. – М.: Изд. АСВ, 1994. – 527 с.
3. Мустафаев, А.А. Расчет оснований и фундаментов на просадочных грунтах А.А. Мустафаев. – М.: Высш. шк., 1979. – 368 с.
4. Методические рекомендации по учету нелинейных свойств основания при расчете конструкций по реальным диаграммам деформирования грунта / С.Н. Клепиков, Ф.Н. Бородичева, А.В. Машкин и др. // Труды НИИСК. – Киев, 1985. – 61 с.
5. Шаповал, А.В. Экспериментальные исследования напряженно- деформированного состояния рамной конструкции на грунтовом основании / А.В. Шаповал // Світ геотехніки – 2007 – № 1. – С. 26 – 30.
6. Седов, Л.И. Методы подобия и размерности в механике / Л.И. Седов. – М.: Наука, 1965. – 388 с.

Надійшла до редакції 14.10.2012

© А.В. Шаповал, Е.С. Титякова, В.Г. Шаповал