

УДК 624.154.1

Ю. С. ГРИГОРЬЕВ, канд. техн. наук, проф. кафедры архитектуры;
В. В. ФАТЕЕВ, ст. преп. кафедры архитектуры

ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ГОРИЗОНТАЛЬНО НАГРУЖЕННЫХ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ ПОДПОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-19-57;
эл. почта: yus-gri@rambler.ru, valeriy-fateev@rambler.ru

Ключевые слова: математические модели, грунтовый массив, ряды призматических свай, горизонтальные нагрузки и перемещения.

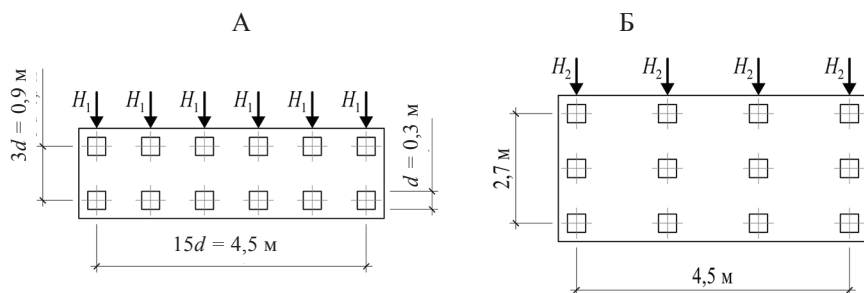
Приводятся результаты исследований эффективности горизонтально нагруженных свайных фундаментов с линейно расположенными призматическими сваями в программном комплексе «MIDAS GTS NX». Результаты исследований могут быть использованы при проектировании свайных фундаментов различных инженерных сооружений, испытывающих большие горизонтальные нагрузки.

В выполненных исследованиях использовались: 1) апробированная модель системы «свайный фундамент – грунтовое основание» [1–4]; 2) математические модели свайных фундаментов, с жестким соединением свай с высокими ростверками, опирающимися на группы из 12 различным образом расположенных 6-метровых свай (рис. 1, рис. 1 цв. вклейки), которые могут использоваться в расчетах свайных фундаментов не только подпорных сооружений, но и свайных фундаментов зданий и сооружений, строящихся на склонах; трубопроводов гидроаккумулирующих электростанций; гидротехнических сооружений различного назначения; высоких мостовых опор, испытывающих большие ветровые нагрузки и нагрузки от водного течения; высоких опор для путей скоростного транспорта с высокими нагрузками торможения.

В результате выполненных исследований было установлено:

1. Качественная картина работы горизонтально нагруженных моделей свайных фундаментов в полной мере соответствует работе свайных фундаментов в натурных испытаниях горизонтальными нагрузками [2].

2. Модели фундаментов испытывают: 1) горизонтальные перемещения, развивающиеся в результате податливости основания и конечной жесткости свай, 2) крен, возникающий из-за вертикальных перемещений свай, работающих соответственно на вдавливающие и на выдергивающие нагрузки (рис. 3–6 цв. вклейки).



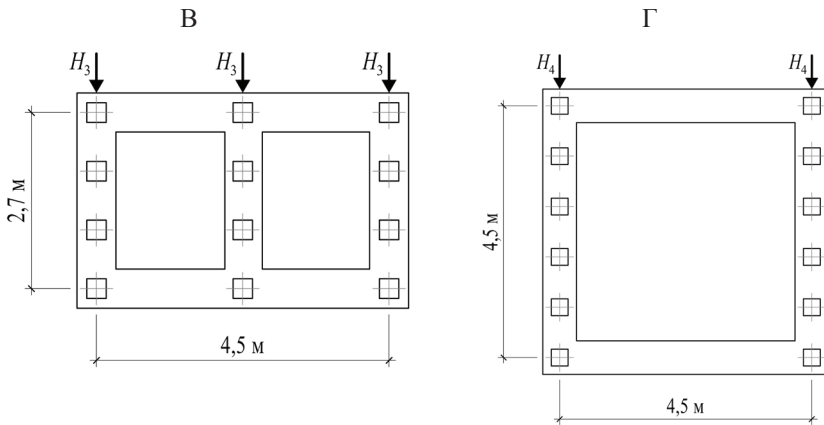


Рис. 1. Расчетные схемы горизонтально нагруженных фундаментов, опирающихся на 12 свай: А – двухрядное расположение свай с горизонтальной нагрузкой, действующей поперек свайных рядов (фундамент Ф1); Б – горизонтальная нагрузка, действующая вдоль 4 рядов из 3 свай (фундамент Ф2); В – горизонтальная нагрузка, действующая вдоль 3 рядов из 4 свай (фундамент Ф3); Г – горизонтальная нагрузка, действующая вдоль 2 рядов из 6 свай (фундамент Ф4)

3. Последовательное изменение схемы размещения свай в фундаментах (от схемы от «А» к схеме «Г» на рис. 1) при одинаковой ширине фронта действия горизонтальных нагрузок привело:

- 1) к увеличению предельной величины горизонтальной нагрузки, передающейся на фундаменты H (табл. 1, рис. 2);
- 2) к увеличению коэффициента кустового эффекта $K_{кз}$, учитывающего взаимное влияние свай при жесткой заделке голов свай в ростверках (табл. 1, рис. 3).

Таблица 1

Результаты исследований работы свайных фундаментов на горизонтальные нагрузки в программном комплексе «MIDAS»

Расчетная модель	Количество свай в группе n	Горизонтальная нагрузка H , кН	Средняя несущая способность свай в группе $H_{ср}$, кН	Коэффициент кустового эффекта $K_{кз}$, д. ед.
Одиночная свая	1	52,24	52,24	-
А	12	466,65	38,89	0,744
Б	12	541,76	45,15	0,864
В	12	607,38	50,62	0,969
Г	12	690,16	57,51	1,101

4. Средние значения горизонтальной нагрузки, приходящейся на одну сваяю в фундаментах Ф2, Ф3 и Ф4 по сравнению с нагрузкой, воспринимаемой одной свайей в фундаменте Ф1, равной 38,89 кН, существенно увеличивается (табл. 1, рис. 2, рис. 2 цв. вклейки):

- 1) в фундаменте Ф2 до 45,15 кН (+ 16,1 %);
- 2) в фундаменте Ф3 до 50,62 кН (+ 30,2 %);
- 3) в фундаменте Ф4 до 57,51 кН (+ 47,9 %).

**К СТАТЬЕ Ю. С. ГРИГОРЬЕВА, В. В. ФАТЕЕВА
«ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ГОРИЗОНТАЛЬНО
НАГРУЖЕННЫХ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ ПОДПОРНЫХ
СООРУЖЕНИЙ»**

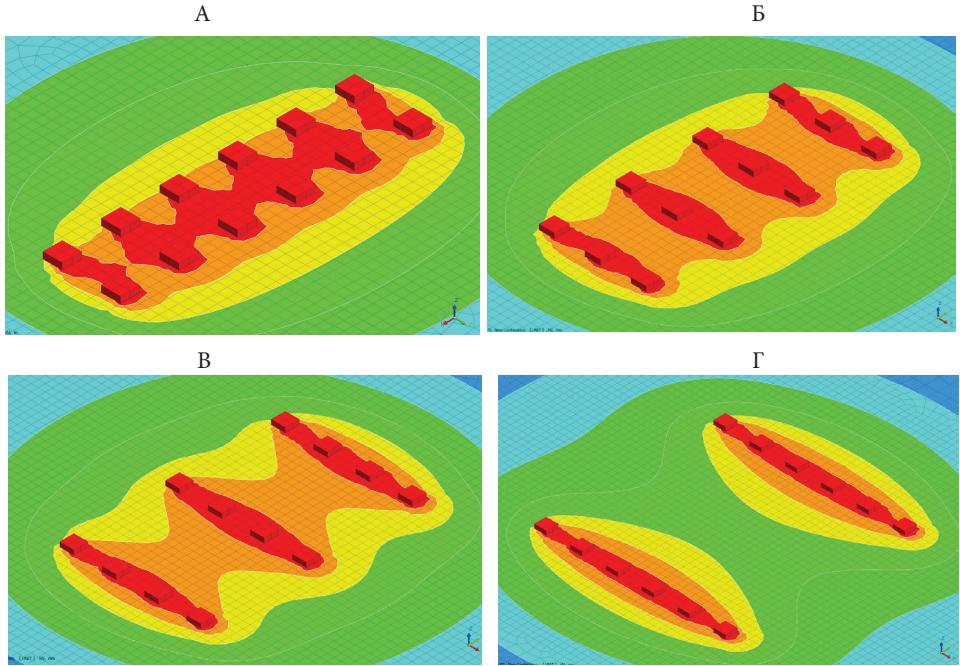


Рис. 1. Расчетные модели А-Г. Изополя горизонтальных перемещений (по оси Х) фундаментов и околосвайного грунта в уровне поверхности грунтового массива при действии горизонтальной нагрузки H , вызывающей горизонтальное перемещение свай равное $\Delta = 10$ мм

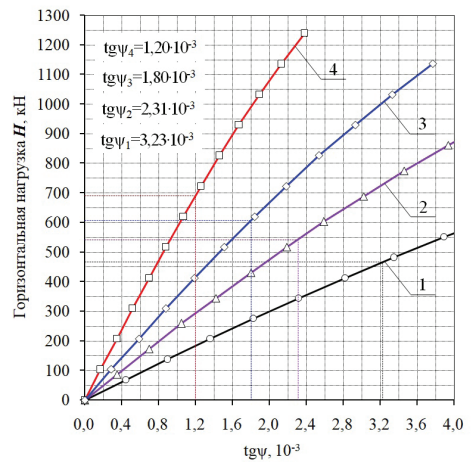
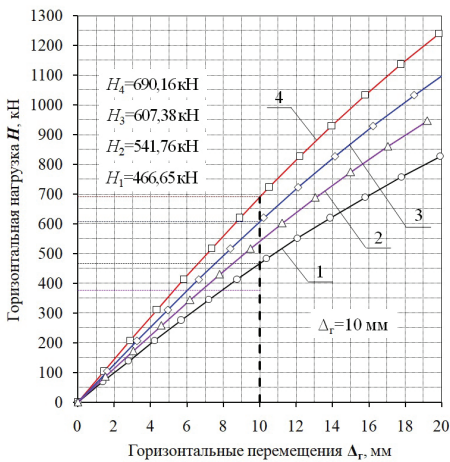


Рис. 2. Зависимость горизонтальных перемещений Δ_p , мм от горизонтальных нагрузок H , кН: 1-4 – расчетные модели А-Г

Рис. 3. Зависимость крена $\text{tg}\psi$, 10^{-3} от горизонтальных нагрузок H , кН: 1-4 – расчетные модели А-Г

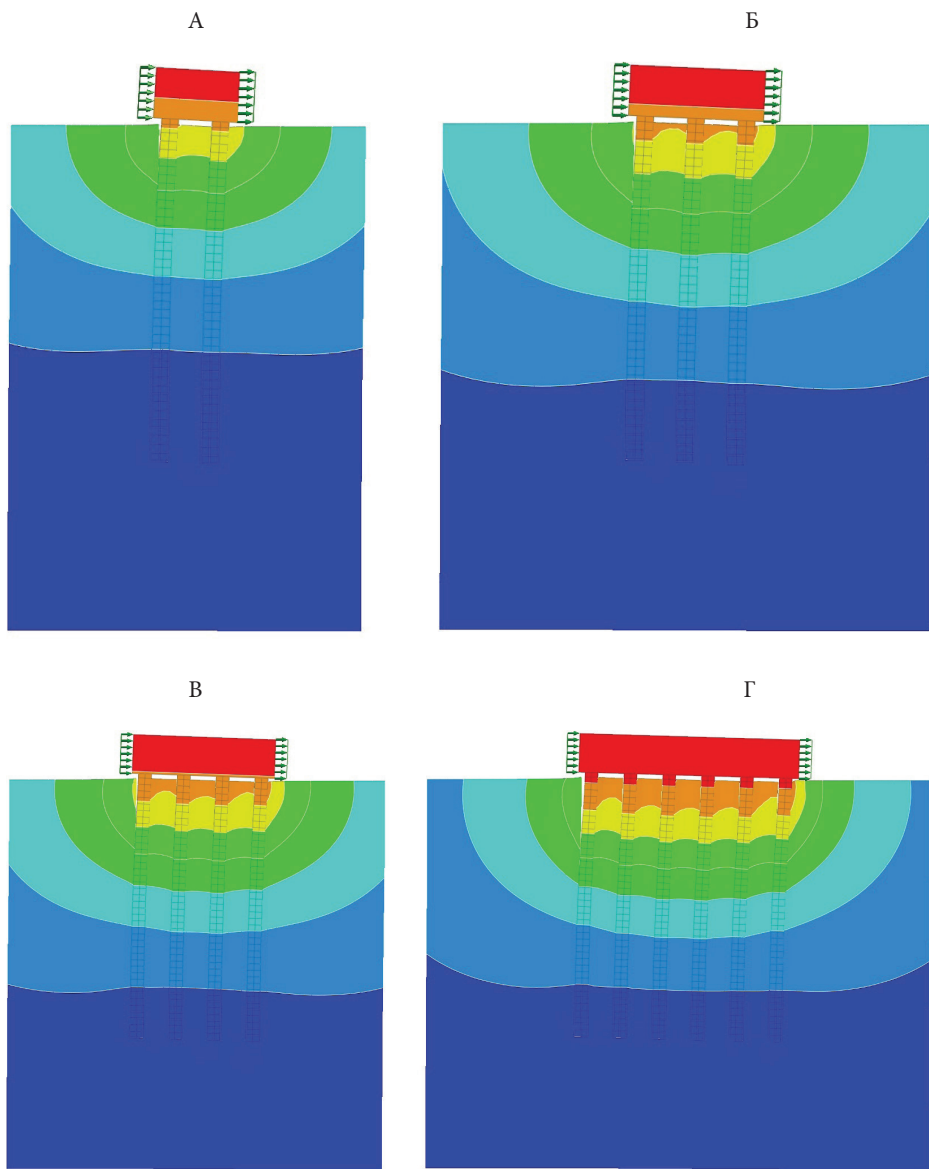


Рис. 4. Изополя горизонтальных перемещений (по оси X) свайных фундаментов и околосвайного грунта при действии горизонтальных нагрузок H , вызывающих горизонтальное перемещение $\Delta = 10$ мм в уровне поверхности грунта: А – двухрядное расположение свай с горизонтальной нагрузкой, действующей поперек свайных рядов из 6 свай (фундамент Ф1); Б – 4 ряда из 3 свай (фундамент Ф2); В – 3 ряда из 4 свай (фундамент Ф3); Г – 2 ряда из 6 свай (фундамент Ф4)

5. Последовательное изменение схемы расположения 12 свай (от схемы «А» к схеме «Г» на рис. 1) приводит к увеличению жесткости свайных фундаментов в вертикальной плоскости действия горизонтальных нагрузок и соответственно к увеличению устойчивости фундаментов, крен которых уменьшается по сравнению с креном $\text{tg}\psi = 3,23 \cdot 10^{-3}$ фундамента Ф1 (рис. 3 цв. вклейки):

- 1) в фундаменте Ф2 до $\text{tg}\psi = 2,31 \cdot 10^{-3}$ (в 1,4 раза);
- 2) в фундаменте Ф3 до $\text{tg}\psi = 1,80 \cdot 10^{-3}$ (в 1,8 раза);
- 3) в фундаменте Ф4 до $\text{tg}\psi = 1,20 \cdot 10^{-3}$ (в 2,7 раза).

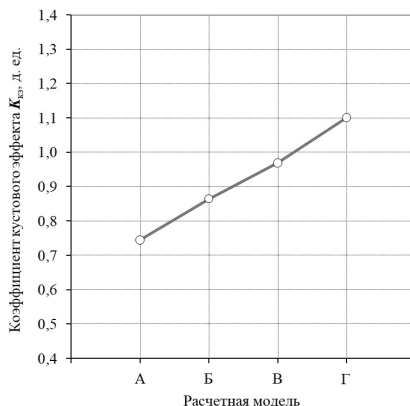
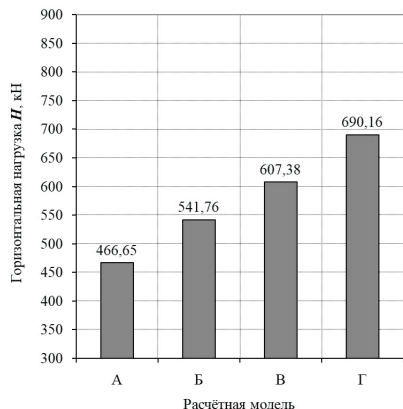


Рис. 2. График зависимости величины горизонтальной нагрузки H , кН от схемы расположения свай в расчетных моделях

Рис. 3. График зависимости коэффициента кустового эффекта K_k от схемы расположения свай в расчетных моделях

6. Схемы расположения свай «Б», «В» и «Г» при одинаковой полной горизонтальной нагрузке, приложенной к фундаментам, значительно эффективнее по сравнению со схемой расположения свай «А», наиболее часто используемой при устройстве подпорных сооружений.

7. Использование схем по устройству фундаментов с наибольшим расстоянием между рядами свай позволяет существенно снизить вероятность появления барражного эффекта в виде преграды на пути подземных потоков воды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Григорьев, Ю. С. Компьютерная модель работы висячей призматической сваи в массиве глинистого грунта / Ю. С. Григорьев, В. В. Фатеев. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2022. – № 1 (61). – С. 36–41.
2. Григорьев, Ю. С. Верификация компьютерной модели забивной призматической сваи в многослойном грунтовом основании / Ю. С. Григорьев, В. В. Фатеев. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2022. – № 2 (62). – С. 79–84.
3. Григорьев, Ю. С. Верификация и валидация геомеханической модели грунтового основания деформирующегося здания / Ю. С. Григорьев, В. В. Фатеев. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2018. – № 3 (47). – С. 16–22.
4. Григорьев, Ю. С. Исследования работы горизонтально нагруженных фундаментов с линейно расположенными призматическими сваями в программном комплексе «MIDAS» /



Ю. С. Григорьев, В. В. Фатеев. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2022. – № 3 (63). – С. 52–57.

GRIGOREV Yuri Semyonovich, candidate of technical sciences, professor of the chair of architecture; FATEEV Valery Valerevich, senior teacher of the chair of architecture

STUDIES OF THE EFFICIENCY OF HORIZONTALLY LOADED PILE FOUNDATIONS OF RETAINING STRUCTURES

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-19-57;
e-mail: yus-gri@rambler.ru, valeriy-fateev@rambler.ru

Key words: mathematical models, soil mass, rows of prismatic piles, horizontal loads and displacements.

The article presents the results of studies of the effectiveness of horizontally loaded pile foundations with linearly arranged prismatic piles in the software package "MIDAS GTS NX". The research results can be used in the design of pile foundations of various engineering structures experiencing large horizontal loads.

REFERENCES

1. Grigorev Yu. S., Fateev V. V. Komputernaya model raboty visyachey prizmaticheskoy svai v massive glinistogo grunta [Computer model of the operation of a hanging prismatic pile in an array of clay soil]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. 2022. № 1 (61). P. 36–41.
2. Grigorev Yu. S., Fateev V. V. Verifikatsiya komputernoy modeli zabivnoy prizmaticheskoy svai v mnogosloynnom gruntovom osnovanii [Verification of a computer model of a driven prismatic pile in a multilayer soil base]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. 2022. № 2 (62). P. 79–84.
3. Grigorev Yu. S., Fateev V. V. Verifikatsiya i validatsiya geomekhanicheskoy modeli gruntovogo osnovaniya deformiruyushegosya zdaniya [Verification and validation of a geomechanical model of a soil basis of a deforming building]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. 2018. № 3. P. 16–22.
4. Grigorev Yu. S., Fateev V. V. Issledovaniya raboty gorizontarno nagruzhennykh fundamentov s lineynoy raspolozhennymi prizmaticheskimi svayami v programnom komplekse "MIDAS". [Investigations of the operation of horizontally loaded foundations with linearly arranged prismatic piles in the software package "MIDAS"]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. 2022. № 3. P. 52–57.

© Ю. С. Григорьев, В. В. Фатеев, 2023

Получено: 28.12.2022 г.