



УДК 624.154.1

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

### **ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ СВАЙ В ГОРИЗОНТАЛЬНО НАГРУЖЕННЫХ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТАХ**

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, свайные фундаменты, горизонтальные нагрузки, взаимное влияние свай, коэффициенты взаимного влияния, защемления и кустового эффекта.

---

*Приводятся результаты исследований взаимного влияния свай в горизонтально нагруженных свайных фундаментах методом математического моделирования системы «свайный фундамент – грунтовое основание» в программном комплексе “MIDAS GTS NX”.*

---

Сложное строение грунтовых оснований, разнообразие свойств физико-механических свойств грунтов, изменяющихся при погружении свай, зависимость этих изменений от технологии погружения свай в грунт, разнообразное расположение свай в рядах и в компактных группах, включение в работу свай низких ростверков, разнообразие нагрузок, передающихся на фундаменты, делает весьма сложными исследования взаимного влияния свай в свайных фундаментах – явления, требующего тщательного изучения.

Исследованиям взаимного влияния свай в вертикально и горизонтально нагруженных компактных группах свай посвящены работы многих специалистов [1, 3–6, 8, 9], при этом исследований взаимного влияния свай при горизонтальных нагрузках, действующих вдоль рядов свай, очень немного [2, 7].

Экспериментально установлено, что работа сваи в компактных группах и в рядах свай при горизонтальных нагрузках, действующих поперек ряда, отличается от работы одиночной сваи со свободной головой, что отражается в различной величине сопротивления свай действию горизонтальной нагрузки при одном и том же горизонтальном перемещении фундамента в уровне поверхности грунта. Так, испытаниями, выполненными в полевых условиях В. Н. Голубковым, было определено, что сопротивление отдельной сваи в компактной группе в 1,42–2,16 раза выше сопротивления одиночной сваи со свободной головой при одном и том же горизонтальном перемещении  $\Delta_r = 10$  мм [4]. Этот эффект был подтвержден результатами исследований компактных групп свай из 2, 4 и 5 свай, при высоком и низком положении ростверка, выполненных в полевых условиях В. В. Знаменским и Ю. П. Юрко, которые показали, что сопротивление сваи в составе куста в 1,20–2,25 раза выше сопротивления одиночной сваи со свободной головой [5]. Испытания рядов из 2 и 3 свай Л. Ш. Лундина и Е. А. Рабиновича, выполненные в полевых условиях при горизонтальных нагрузках, действующих вдоль ряда свай, показали, что сопротивление сваи в ряду в 1,31–1,71 раза выше сопротивления одиночной сваи со свободной головой [7].



В экспериментах, выполненных авторами настоящей работы, использовались математические модели горизонтально нагруженных свайных фундаментов с разным количеством и различным образом расположенных с шагом 0,9 м, 6-метровых свай, с сечением 0,3×0,3 м, с жестким и с шарнирным соединением свай с высокими ростверками (рис. 1–10). Для того чтобы выполнить исследования в условиях максимально приближенных к натурным, авторами использовалась неоднократно апробированная модель системы «свайный фундамент – грунтовое основание» [10–12].



Рис. 1. Схемы горизонтально нагруженных фундаментов: А – ряд из 2 свай; Б – ряд из 3 свай

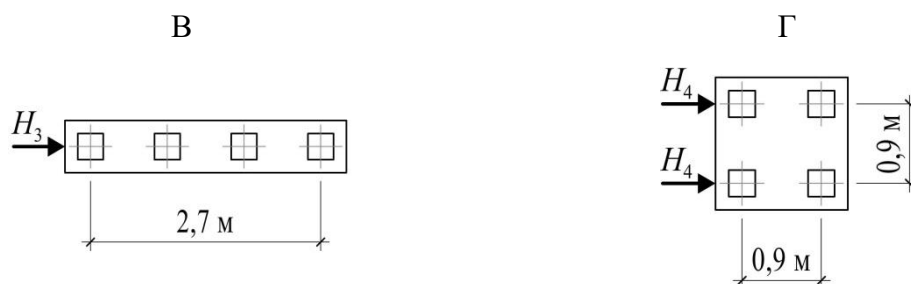


Рис. 2. Схемы горизонтально нагруженных фундаментов: В – ряд из 4 свай; Г – группа из 4 свай

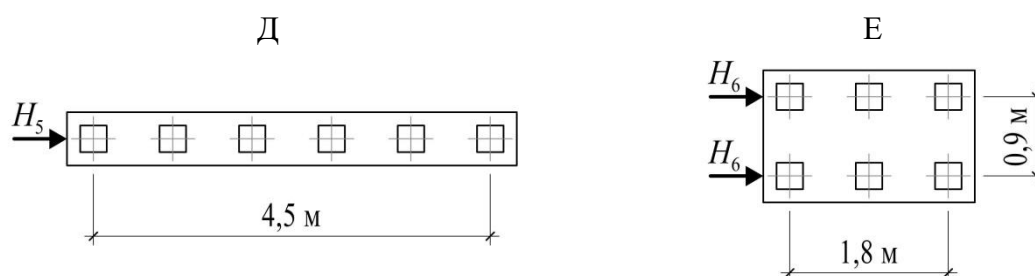


Рис. 3. Схемы горизонтально нагруженных фундаментов: Д – ряд из 6 свай; Е – группа из 6 свай

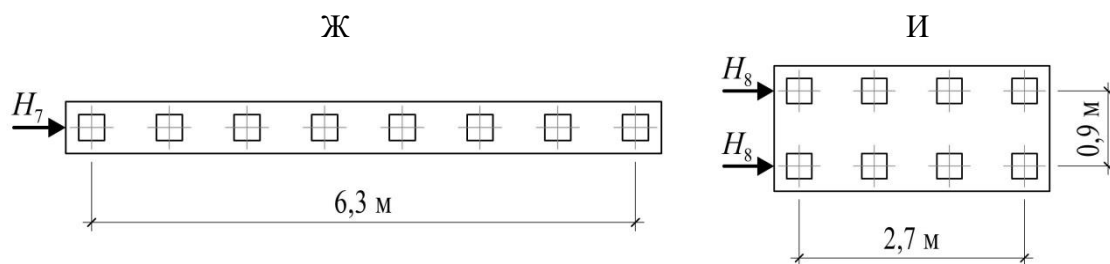


Рис. 4. Схемы горизонтально нагруженных фундаментов: Ж – ряд из 8 свай; 3 – группа из 8 свай

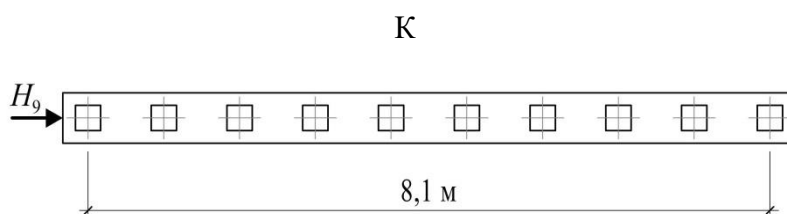


Рис. 5. Схема горизонтально нагруженного ряда из 10 свай

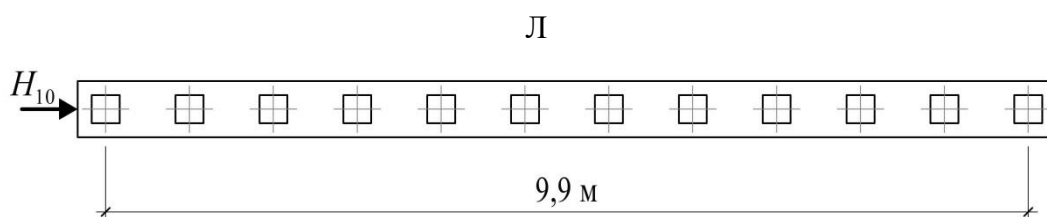


Рис. 6. Схема горизонтально нагруженного ряда из 12 свай

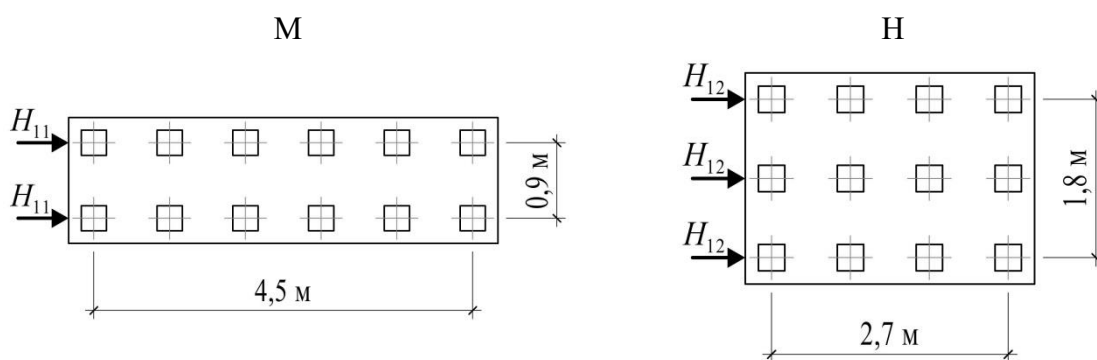


Рис. 7. Схемы горизонтально нагруженных фундаментов: М – двухрядная группа из 12 свай; Н – трехрядная группа из 12 свай

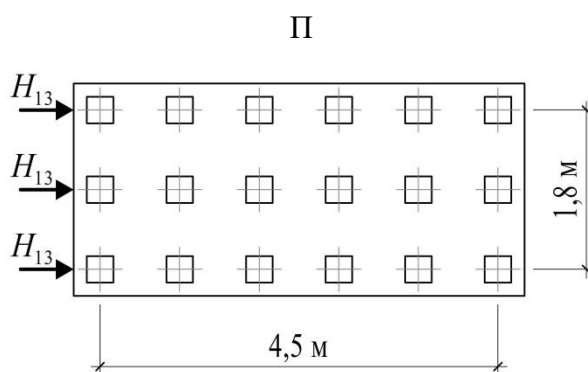


Рис. 8. Схема горизонтально нагруженного фундамента из 18 свай

В результате выполненных авторами исследований было установлено:

1. Коэффициент взаимного влияния свай  $K_{\text{вв}}$  в горизонтально нагруженных фундаментах уменьшается с увеличением количества свай в фундаменте, причем эта зависимость имеет нелинейный характер (табл. 1, рис. 11, 12).

$$K_{\text{вв}} = H_{\text{ш}}/n \cdot H_0, \quad (1)$$

где  $H_{\text{ш}}$  – сопротивление горизонтально нагруженного фундамента при шарнирном соединении голов свай с ростверком;  $H_0$  – сопротивление горизонтальной нагрузке одиночной сваи со свободной головой;  $n$  – количество свай в фундаменте.

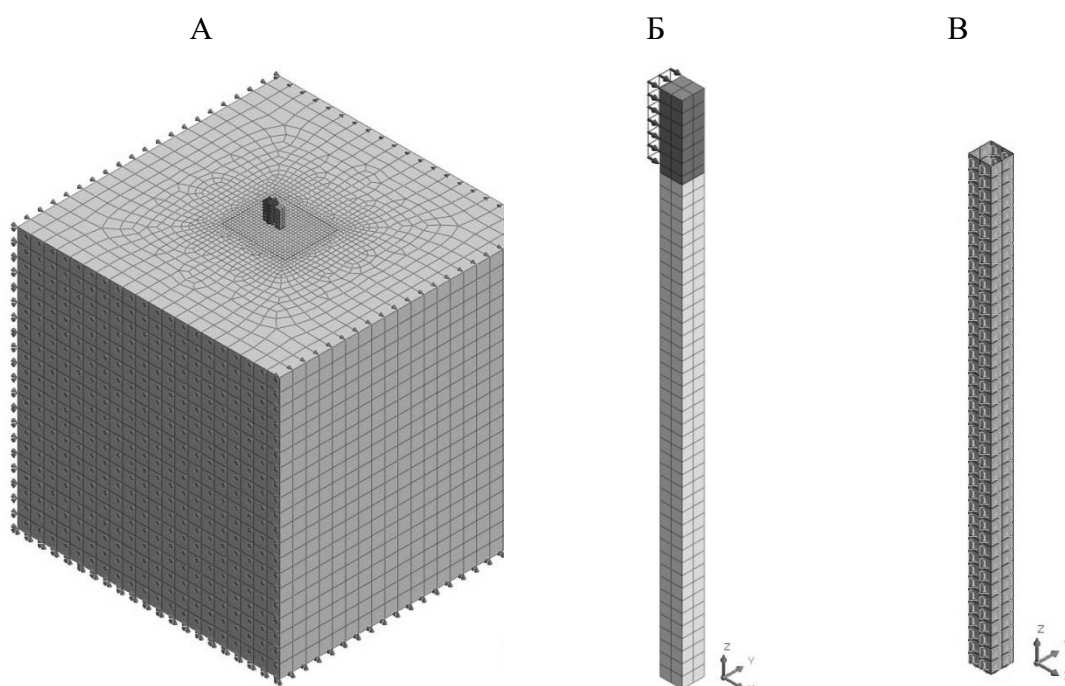


Рис. 9. Компьютерные модели, разработанные в “MIDAS GTS NX”: А – расчетная область грунтового массива, взаимодействующего с одиночной призматической свайей; Б – модель призматической сваи; В – интерфейсные элементы на контакте сваи с грунтом

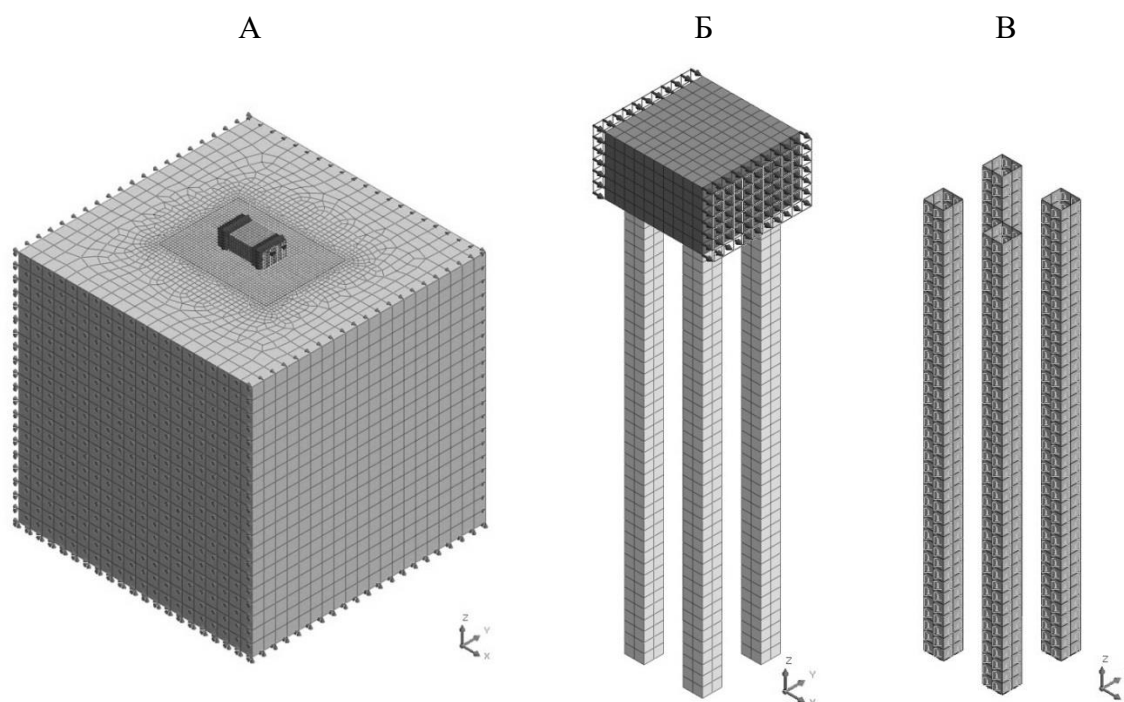


Рис. 10. Компьютерные модели, разработанные в “MIDAS GTS NX”: А – расчетная область грунтового массива, взаимодействующего с группой из 4 призматических свай; Б – модели ростверка и группы призматических свай; В – интерфейсные элементы на контакте свай с грунтом

Таблица 1

**Коэффициенты взаимного влияния, защемления и кустового эффекта**

Расположение свай в 1 ряд			
Расчетная модель	Коэффициент взаимовлияния $K_{кв}$ , д. ед.	Коэффициент защемления $K_з$ , д. ед.	Коэффициент кустового эффекта $K_{кэ}$ , д. ед.
Ряд из 2 свай	1,10	1,151	1,266
Ряд из 3 свай	0,987	1,323	1,306
Ряд из 4 свай	0,921	1,398	1,288
Ряд из 6 свай	0,817	1,471	1,201
Ряд из 8 свай	0,764	1,506	1,150
Ряд из 10 свай	0,716	1,512	1,082
Ряд из 12 свай	0,688	1,523	1,048



Окончание табл. 1

Группы с расположением свай в 2 ряда			
Группа из 4 свай	0,892	1,135	1,013
Группа из 6 свай	0,762	1,268	0,966
Группа из 8 свай	0,685	1,334	0,914
Двухрядная группа из 12 свай	0,582	1,396	0,812
Группы с расположением свай в 3 ряда			
Трехрядная группа из 12 свай	0,569	1,293	0,736
Трехрядная группа из 18 свай	0,484	1,353	0,655

2. Величина коэффициента заземления  $K_3$ , позволяющего оценить степень влияния жесткой заделки головы сваи в ростверк на сопротивление сваи в горизонтально нагруженных фундаментах, нелинейно увеличивается по мере увеличения количества свай в горизонтально нагруженных фундаментах (табл. 1, рис. 11, 12).

$$K_3 = H/H_{ш}, \quad (2)$$

где  $H$  и  $H_{ш}$  – сопротивление горизонтально нагруженного фундамента соответственно с жестким и с шарнирным соединением свай с ростверком при одинаковой величине горизонтального перемещения свай в уровне поверхности грунта.

3. Взаимное влияние свай в горизонтально нагруженных фундаментах увеличивается с ростом количества свай в фундаментах, и это приводит к снижению сопротивления свай  $H_{ср}$  в рядах и в группах свай независимо от способа взаимодействия свай с ростверком (табл. 1, рис. 5–10 цв. вклейки).

4. Жесткая заделка свай в ростверках приводит к увеличению сопротивления свай действию горизонтальной нагрузки по сравнению со сваями с шарнирным соединением (табл. 2, рис. 5–10 цв. вклейки).



Таблица 2

## Результаты исследований работы свайных фундаментов на горизонтальные нагрузки в программном комплексе "MIDAS GTS NX"

Ряды свай			Группы свай		
Расчетная модель	Средняя несущая способность сваи в фундаменте $H_{ср}$ , кН		Расчетная модель	Средняя несущая способность сваи в фундаменте $H_{ср}$ , кН	
	Шарнирное сопряжение свай с ростверком	Жесткое сопряжение свай с ростверком		Шарнирное сопряжение свай с ростверком	Жесткое сопряжение свай с ростверком
ряд из 2 свай	57,46	66,12	группа из 4 свай	46,62	52,90
ряд из 3 свай	51,57	68,20	группа из 6 свай	39,80	50,46
ряд из 4 свай	48,13	67,28	группа из 8 свай	35,78	47,73
ряд из 6 свай	42,66	62,74	двухрядная группа из 12 свай	30,39	42,42
ряд из 8 свай	39,89	60,06	трехрядная группа из 12 свай	29,74	38,46
ряд из 10 свай	37,38	56,51	трехрядная группа из 18 свай	25,28	34,22
ряд из 12 свай	35,96	54,77			

**К СТАТЬЕ Ю. С. ГРИГОРЬЕВА, В. В. ФАТЕЕВА**  
**«ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ СВАЙ В ГОРИЗОНТАЛЬНО**  
**НАГРУЖЕННЫХ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТАХ»**

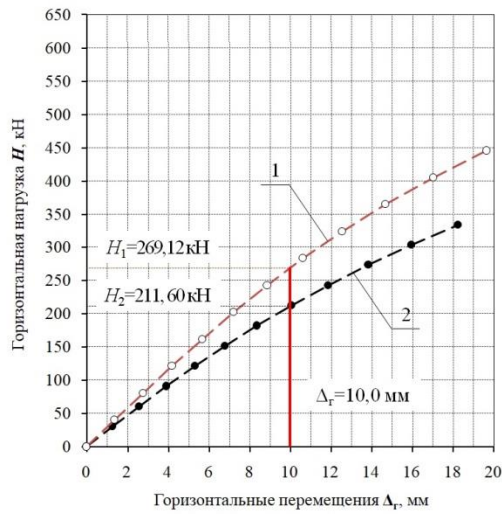


Рис. 1. Зависимость горизонтальных перемещений  $\Delta_r$ , мм от горизонтальных нагрузок  $H$ , кН: 1 – ряд из 4 свай; 2 – группа из 4 свай;  $\Delta_r = 10$  мм – предельная величина горизонтального перемещения свай

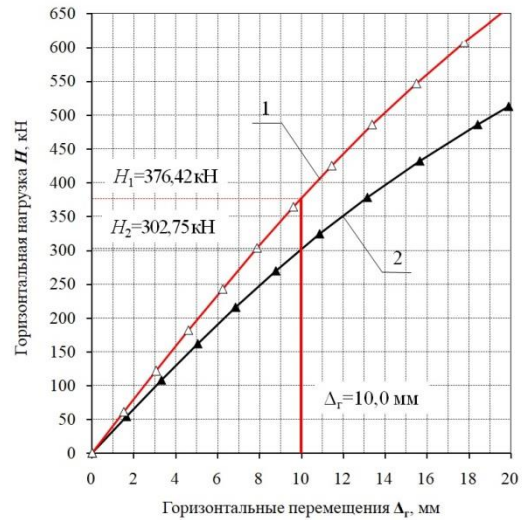


Рис. 2. Зависимость горизонтальных перемещений  $\Delta_r$ , мм от горизонтальных нагрузок  $H$ , кН: 1 – ряд из 6 свай; 2 – группа из 6 свай

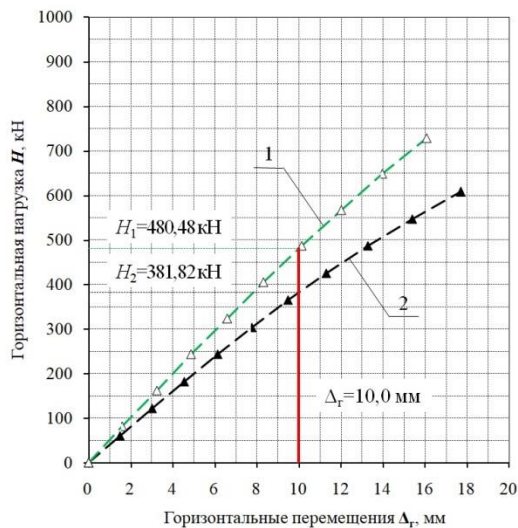


Рис. 3. Зависимость горизонтальных перемещений  $\Delta_r$ , мм от горизонтальных нагрузок  $H$ , кН: 1 – ряд из 8 свай; 2 – группа из 8 свай

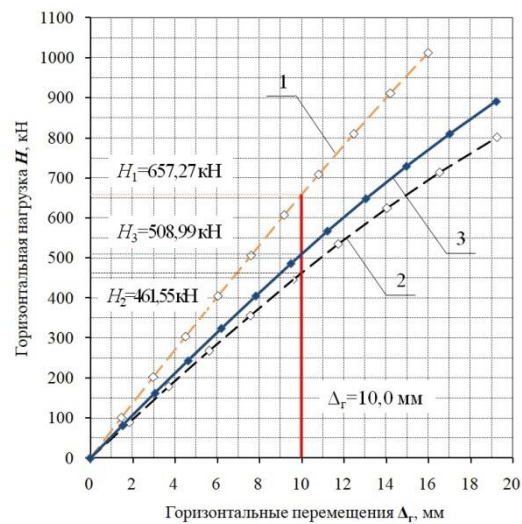


Рис. 4. Зависимость горизонтальных перемещений  $\Delta_r$ , мм от горизонтальных нагрузок  $H$ , кН: 1 – ряд из 12 свай; 2 – трехрядная группа из 12 свай; 3 – двухрядная группа из 12 свай



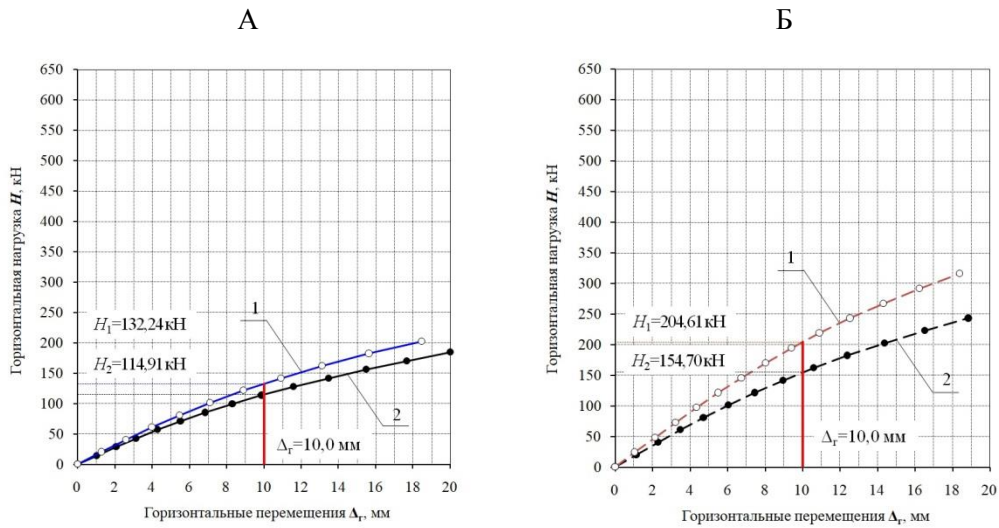


Рис. 5. Расчетные модели: А – ряд из 2 свай; Б – ряд из 3 свай. Зависимости горизонтальных перемещений  $\Delta_r$ , мм от горизонтальных нагрузок  $H$ , кН: 1 – жесткое сопряжение свай с ростверком; 2 – шарнирное сопряжение с ростверком;  $\Delta_r = 10$  мм – предельная величина горизонтального перемещения свай

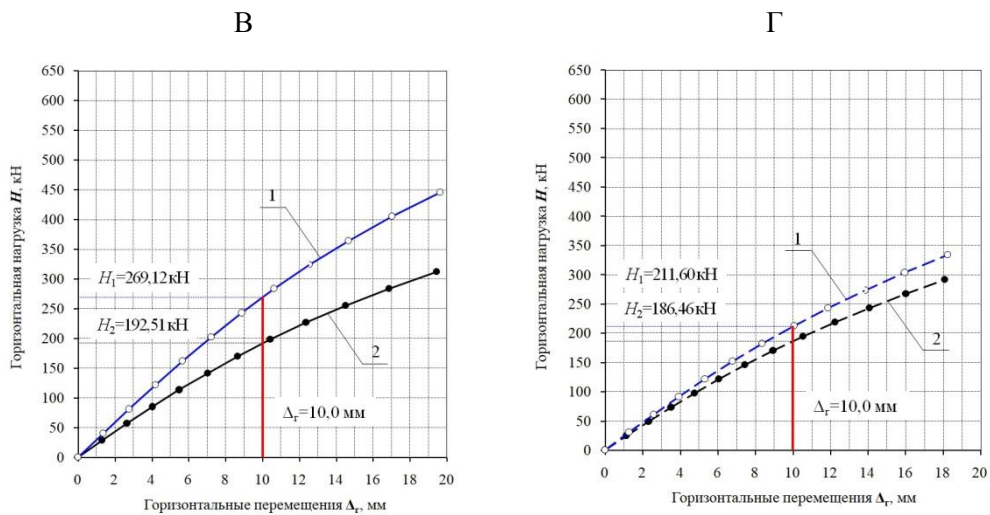


Рис. 6. Расчетные модели: В – ряд из 4 свай; Г – группа из 4 свай. Зависимости горизонтальных перемещений  $\Delta_r$ , мм от горизонтальных нагрузок  $H$ , кН: 1 – жесткое сопряжение свай с ростверком; 2 – шарнирное сопряжение с ростверком

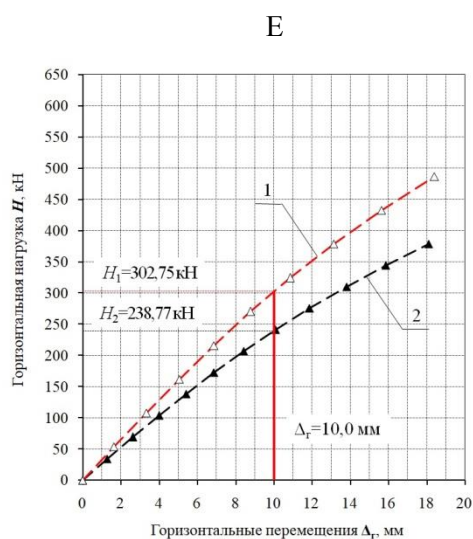
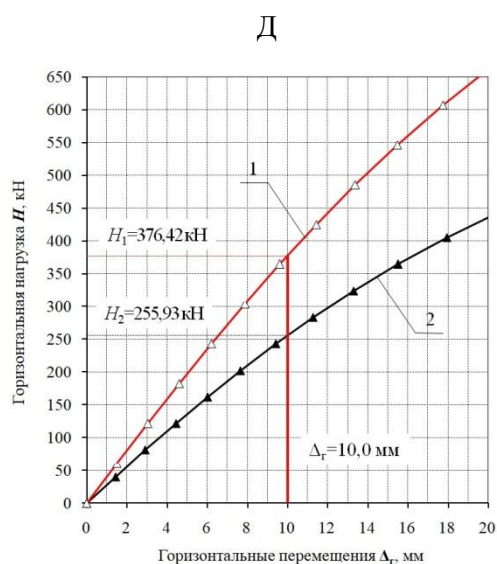


Рис. 7. Расчетные модели: Д – ряд из 6 свай; Е – группа из 6 свай. Зависимости горизонтальных перемещений  $\Delta_r$ , мм от горизонтальных нагрузок  $H$ , кН: 1 – жесткое сопряжение свай с ростверком; 2 – шарнирное сопряжение с ростверком

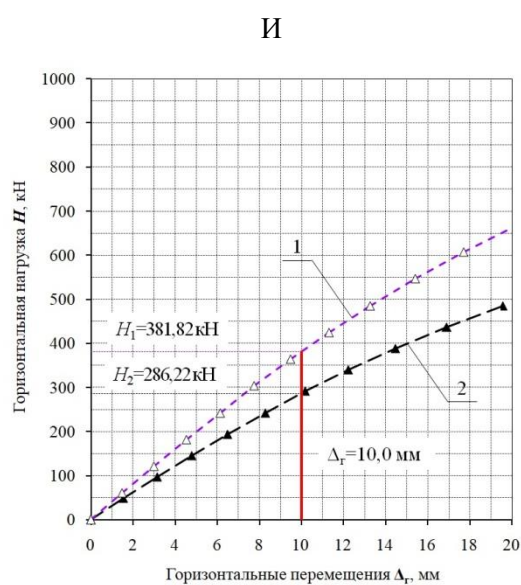
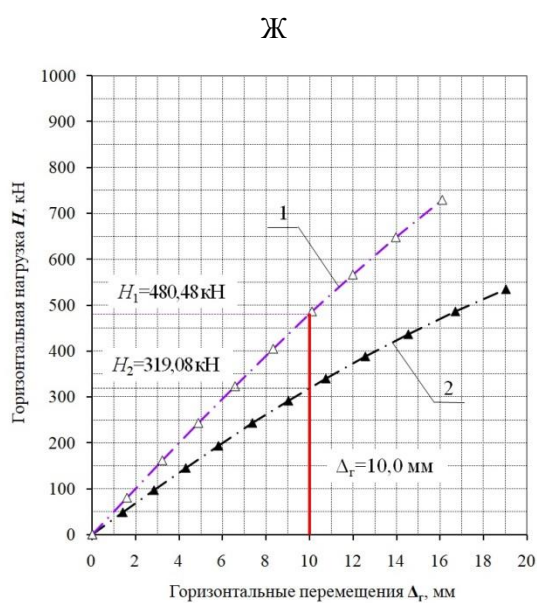


Рис. 8. Расчетные модели Ж – ряд из 8 свай; И – группа из 8 свай. Зависимости горизонтальных перемещений  $\Delta_r$ , мм от горизонтальных нагрузок  $H$ , кН: 1 – жесткое сопряжение свай с ростверком; 2 – шарнирное сопряжение с ростверком

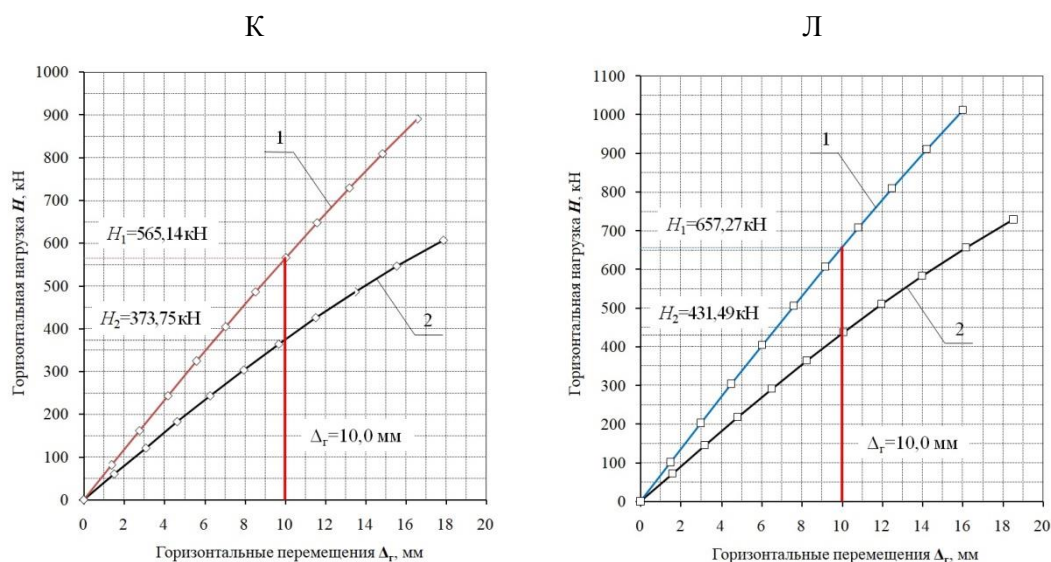


Рис. 9. Расчетные модели: К – ряд из 10 свай; Л – ряд из 12 свай. Зависимости горизонтальных перемещений  $\Delta_r$ , мм от горизонтальных нагрузок  $H$ , кН: 1 – жесткое сопряжение свай с ростверком; 2 – шарнирное сопряжение с ростверком

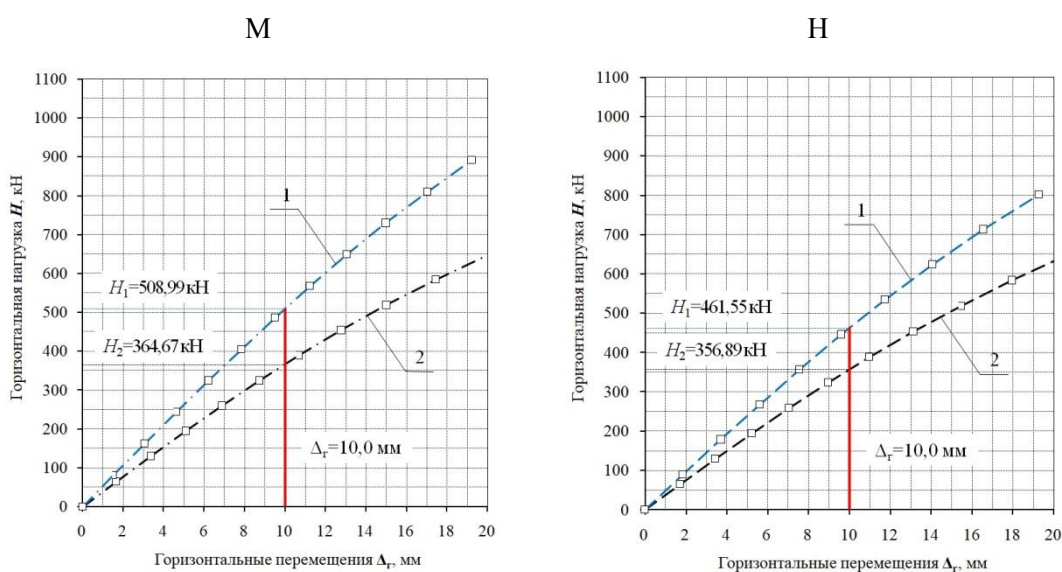


Рис. 10. Расчетные модели: М – двухрядная группа из 12 свай; Н – трехрядная группа из 12 свай. Зависимости горизонтальных перемещений  $\Delta_r$ , мм от горизонтальных нагрузок  $H$ , кН: 1 – жесткое сопряжение свай с ростверком; 2 – шарнирное сопряжение с ростверком

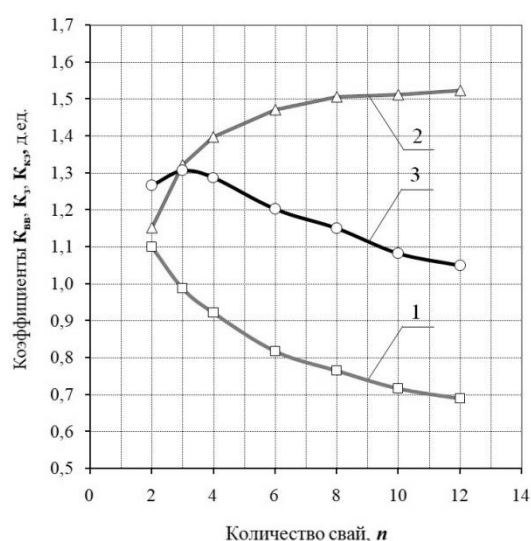


Рис. 11. Зависимости величины коэффициентов: 1 – взаимного влияния свай  $K_{вв}$ ; 2 – защемления свай  $K_3$ ; 3 – кустового эффекта  $K_{кз}$ , от количества свай  $n$  в одном ряду

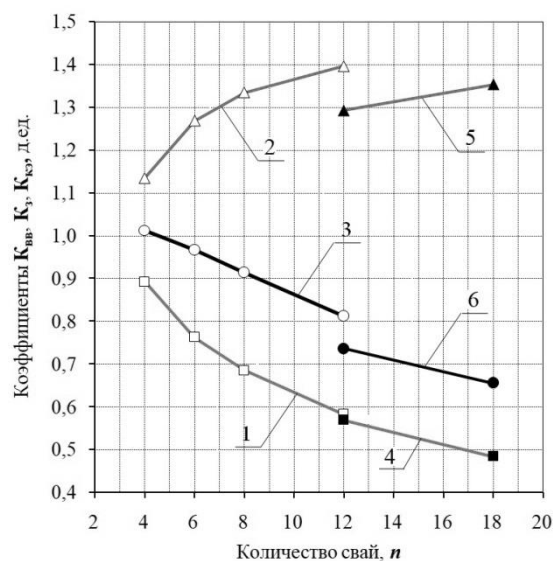


Рис. 12. Зависимости величины коэффициентов: 1 – взаимного влияния свай  $K_{вв}$ ; 2 – защемления свай  $K_3$ ; 3 – кустового эффекта  $K_{кз}$  в группах при 2-рядном расположении свай; 4, 5 и 6 – соответственно в группах при 3-рядном расположении свай от количества свай  $n$

5. Величина коэффициента кустового эффекта  $K_{кз}$ , учитывающего взаимное влияние свай при жесткой заделке их голов в ростверках и при однорядном расположении свай, больше единицы, однако по мере увеличения количества свай в фундаменте, величина  $K_{кз}$  постепенно снижается, асимптотически приближаясь к единице (табл. 1, рис. 11). Это означает, что увеличение количества свай в однорядных свайных фундаментах не приводит к снижению несущей способности свай по сравнению с одиночной сваей со свободной головой.

$$K_{кз} = H/n \cdot H_0, \quad (3)$$

где  $H$  – сопротивление горизонтально нагруженного фундамента и  $H_0$  – сопротивление горизонтальной нагрузке одиночной сваи со свободной головой при предельном горизонтальном перемещении свай в уровне поверхности грунта;  $n$  – количество свай в фундаменте.

6. Коэффициент кустового эффекта  $K_{кз}$  в свайных группах при 2-рядном и 3-рядном расположении свай меньше единицы, за исключением компактной группы из 4 свай, для которой  $K_{кз}$  равен единице (табл. 1, рис. 12).

7. Средняя величина предельной горизонтальной нагрузки, воспринимаемой сваями в фундаментах при однорядном расположении свай, больше предельной нагрузки, воспринимаемой сваями в группах при двух и трехрядном расположении свай (рис. 1–4 цв. вклейки), что можно объяснить: 1) различным механизмом взаимодействия свай при их совместной работе в рядах и в компактных группах; 2) различным сопротивлением грунта по боковым поверхностям призм свайно-грунтовых массивов.



8. Средняя величина предельной горизонтальной нагрузки, воспринимаемой сваями в фундаментах с жестким сопряжением свай с ростверками, больше чем в фундаментах при шарнирном сопряжении свай (рис. 5–10 цв. вклейки).

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бартоломей А. А. Исследование работы свайных фундаментов на внецентренные и горизонтальные нагрузки / А. А. Бартоломей, А. Л. Липатов, В. Л. Максимов // Вопросы совершенствования строительства / Пермский политехнический институт. – Пермь, 1972. – № 108. – С. 16–22.

2. Буслов, А. С. Исследование работы свай на горизонтальную нагрузку и влияния «кустового эффекта» в связных грунтах : 05.00.00 (481) : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Анатолий Семенович Буслов. – Хабаровск, 1969. – 355 с. : ил. – Текст : непосредственный.

3. Быков, В. И. Экспериментальные исследования работы горизонтально нагруженных свайных фундаментов / В. И. Быков // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1975. – № 2. – С. 14–15.

4. Голубков, В. Н. Экспериментальные исследования работы свай на горизонтальную нагрузку / В. Н. Голубков. – Текст : непосредственный // Сборник трудов Научно-исследовательского Института / Министерство строительства военных и военно-морских предприятий СССР. – Москва : Стройвоенмориздат, 1948. – № 11. – С. 5–34.

5. Знаменский, В. В. Исследование несущей способности свайных фундаментов при действии горизонтальной нагрузки / В. В. Знаменский, Ю. П. Юрко // Строительство в районах Восточной Сибири и Крайнего Севера / Проектный и научно-исследовательский институт «Красноярский Промстройиниипроект». – Красноярск, 1971. – № 17. – С. 89–97.

6. Коннов, А. В. Влияние взаимодействия свай на несущую способность свайных фундаментов при действии горизонтальной нагрузки : 05.23.02 : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Коннов Алексей Васильевич. – Москва, 1984. – 181 с. : ил. – Текст : непосредственный.

7. Лундин, Л. Ш. Исследование работы забивных железобетонных свай в свайном ростверке на горизонтальные нагрузки / Л. Ш. Лундин, Е. А. Рабинович // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1977. – № 2. – С. 17–20.

8. Метелюк, Н. С. Влияние защемления головы сваи в ростверке на ее сопротивление горизонтальной нагрузке / Н. С. Метелюк, Г. Ф. Шишко, Г. Ф. Михайленко // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1971. – № 4. – С. 18–22.

9. Сафонов, А. П. Исследование работы свай в кусте при действии горизонтальной нагрузки / А. П. Сафонов, В. В. Павлов, О. А. Лисовой // Основания и фундаменты : межвузовский сборник научных трудов / Пермский политехнический институт. – Пермь, 1979. – С. 16–22.

10. 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.

11. 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.

12. 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.



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

## **STUDIES OF THE MUTUAL INFLUENCE OF PILES IN HORIZONTALLY LOADED PILE FOUNDATIONS**

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, pile foundations, horizontal loads, mutual influence of piles, coefficients of mutual influence, pinching and bush effect.

---

*The article presents the results of studies of the mutual influence of piles in horizontally loaded pile foundations by the method of mathematical modeling of the system "pile foundation - ground foundation" in the software package "MIDAS GTS NX".*

---

### REFERENCES

1. Bartolomey A. A., Lipatov A. L., Maksimov V. L. Issledovanie raboty svaynykh fundamentov na vnentsentrennye i gorizontálne nagruzki [Investigation of the work of pile foundations under off-center and horizontal loads]. *Voprosy sovershenstvovaniya stroitelstva* [Issues of improving construction] / Permskiy politekhnicheskiiy institut. Perm. 1972. № 108. P. 16–22.
2. Buslov A. S. Issledovanie raboty svay na gorizontálnuyu nagruzku i vliyaniya «kustovogo effekta» v svyaznykh gruntakh [Investigation of the work of piles under horizontal loading and the influence of the "bush effect" in connected soils] : 05.00.00 (481) : dissertatsiya na soiskanie uchyonoy stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk. Khabarovsk. 1969. 355 p., il.
3. Bykov V. I. Eksperimentalnye issledovaniya raboty gorizontálno nagruzhennykh svaynykh fundamentov [Experimental studies of the operation of horizontally loaded pile foundations]. *Osnovaniya, fundamenty i mekhanika gruntov* [Foundations and soil mechanics]. 1975. № 2. P. 14–15.
4. Golubkov V. N. Eksperimentalnye issledovaniya raboty svay na gorizontálnuyu nagruzku [Experimental studies of the work of piles under horizontal load]. *Sbornik trudov Nauchno-issledovatel'skogo Instituta / Ministerstvo stroitelstva voennykh i voenno-morskikh predpriyatiy SSSR*. Moscow : Sroyvoenmorizdat. 1948. № 11. P. 5–34.
5. Znamenskiy V. V., Yurko Yu. P. Issledovanie nesuschey sposobnosti svaynykh fundamentov pri deystvii gorizontálnoy nagruzki [Investigation of the bearing capacity of pile foundations under the action of horizontal load]. *Stroitelstvo v rayonakh Vostochnoy Sibiri i Kraynego Severa / Proektny i nauchno-issledovatel'skiy institut «Krasnoyarskiy Promstroyniiproekt»*. Krasnoyarsk. 1971. № 17. P. 89–97.
6. Konnov A. V. Vliyanie vzaimodeystviya svay na nesuschuyu sposobnost svaynykh fundamentov pri deystvii gorizontálnoy nagruzki [The effect of pile interaction on the bearing capacity of pile foundations under the action of horizontal load] : 05.23.02 : dissertatsiya na soiskanie uchyonoy stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk. Moscow. 1984. 181 p., il.
7. Lundin L. Sh., Rabinovich E. A. Issledovanie raboty zabivnykh zhelezobetonnykh svay v svaynom rostverke na gorizontálne nagruzki [Investigation of the work of driven reinforced concrete piles in a pile grillage for horizontal loads]. *Osnovaniya, fundamenty i mekhanika gruntov* [Foundations and soil mechanics]. 1977. № 2. P. 17–20.
8. Metelyuk N. S., Shishko G. F., Mikhaylenko G. F. Vliyanie zaschemleniya golovy svai v rostverke na eyo soprotivlenie gorizontálnoy nagruzke [The effect of pinching the pile head in



the grillage on its resistance to horizontal load]. *Osnovaniya, fundamenty i mekhanika gruntov* [Foundations and soil mechanics]. 1971. № 4. P. 18–22.

9. Safonov A. P., Pavlov V. V., Lisovoy O. A. *Issledovanie raboty svay v kuste pri deystvii gorizontальной nagruzki* [Investigation of the work of piles in the bush under the action of horizontal load]. *Osnovaniya i fundamenty* [Foundations] : *Mezhvuzovskiy sbornik nauchnykh trudov*. Perm. 1979. P. 16–22.

10. Grigorev Yu. S., Fateev V. V. *Computernaya 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.

11. Grigorev Yu. S., Fateev V. V. *Verifikatsiya computernoy 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.

12. Grigorev Yu. S., Fateev V. V. *Verifikatsiya i validatsiya geomekhanicheskoy modeli gruntovogo osnovaniya deformiruyuschegosya 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.

© Ю. С. Григорьев, В. В. Фатеев, 2023

Получено: 14.03.2023 г.