

3 **Щелокова, Т. Н.** Современные тенденции улучшения свойств древесины и деревянных строительных конструкций / Т. Н. Щелокова // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2018. – № 6. – С. 39–45.

4 Исследование возможности применения модифицированной древесины в деревянных конструкциях / М. С. Тосенко, Т. Ю. Малеткина, О. И. Пашкова, О. В. Смердов // Сборник материалов XI Международной школы-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 21–23 мая 2015 г., г. Томск / редкол.: А. Н. Солдатова [и др.]. – Томск, 2015. – С. 206–211.

5 **Сергачев, С. А.** Белорусское народное зодчество / С. А. Сергачев. – Минск : Ураджай, 1992. – 255 с.

6 **Трацевский, В. В.** История архитектуры народного жилища Белоруссии / В. В. Трацевский. – Минск : Выш. шк., 1989. – 191 с.

7 Збор помнікаў псторыі і культуры Беларусі / АН БССР, Ін-т мастацтвазнаўства, этнаграфіі і фальклору; рэдкал.: С. В. Марцалеў (гал. рэд) [і інш.]. – Мінск : Беларус. Сав. Энцыкл., 1987. – 308 с.

УДК 624.154

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЗАБИВНЫХ СВАЙ МАЛОГО СЕЧЕНИЯ ПРИ СВОБОДНОМ И ЖЕСТКОМ СОПРЯЖЕНИИ С РОСТВЕРКОМ

Н. Г. ГОЛУБЬ, М. И. ЗЕЛЕНЬКИЙ, С. Н. ПОМЕРАНЦЕВ

*Научный руководитель – С. А. Тумаков (канд. техн. наук, доцент)
Ярославский государственный технический университет,
Российская Федерация*

Представленное исследование посвящено анализу прочности свай малого сечения при двух вариантах сопряжения их с ростверком. В текущем моменте невозможно представить строительство малоэтажных зданий в сложных грунтовых условиях без использования свай. В этом случае на грунты основания передаются незначительные нагрузки, что позволяет в проектах применять забивные железобетонные сваи именно малого сечения. Сваи малого сечения технологичны, обладают малой материалоемкостью и имеют достаточную несущую способность по грунту и материалу для восприятия эксплуатационных нагрузок. Одним из ключевых факторов, определяющих размер несущей способности по прочности как отдельной сваи, так и свайного фундамента в целом, является характер сопряжения головы сваи с ростверком, который может быть выполнен как свободным, так и жестким.

Теоретические и опытные исследования поведения свай малого сечения под нагрузкой рассмотрены в работах многих ученых и инженеров [1, 2]. Сваи малого сечения применяются и в качестве армирующих элементов

оснований [3]. Однако на текущий момент в нормативной и научно-технической литературе недостаточно освещен вопрос о количественном анализе несущей способности по прочности железобетонных свай малого сечения с различным сопряжением с ростверком. Очевидно, что за счет жесткого сопряжения сваи с ростверком уменьшается расчетная длина сваи, что обеспечивает повышение несущей способности по прочности. Но отсутствуют сравнительные данные, позволяющие оценить, насколько именно жесткое защемление головы сваи повышает её несущую способность по прочности и расширяет область применения свай малого сечения в неблагоприятных грунтовых условиях. Это создает некоторую неопределенность при выборе типа сваи и трудности при проектировании, что может привести либо к необоснованному завышению прочности сечения, либо к риску использования неэффективных или экономически невыгодных конструктивных решений.

Целью настоящего исследования является проведение сравнительного численного анализа несущей способности по прочности забивных железобетонных свай сечением 150×150 мм и 200×200 мм при свободном и жестком сопряжениях с высоким ростверком.

Настоящая часть работы посвящена описанию методики численного расчета несущей способности железобетонных забивных свай малого сечения, инструментам ее реализации и представлению ключевых результатов исследования. Рассмотрены сваи из бетона классов В15, В20 и В25, армированные четырьмя продольными стержнями из стержневой арматуры А400 диаметром 8 или 10 мм или четырьмя продольными стержнями из стержневой арматуры А500 диаметром 8 мм.

Вначале проверена несущая способность по материалу забивной железобетонной сваи малого квадратного сечения размером 150×150 мм и 200×200 мм при действии продольной нагрузки, приложенной с небольшими эксцентриситетами $e_0 \leq h / 30$, по формуле [4]:

$$N_{ult} = \varphi (AR_b + A_{s,tot}R_{sc}),$$

где A – площадь поперечного сечения сваи; $A_{s,tot}$ – суммарная площадь продольной арматуры в сечении сваи; R_b и R_{sc} – расчетные сопротивления бетона и арматуры сжатию.

В соответствии с требованиями [5] в расчетах по прочности свая рассматривалась как стержневой элемент, защемленный в грунте на расстоянии l_1 ,

$$l_1 = l_0 + \frac{2}{\alpha_e},$$

где l_0 – длина участка сваи от подошвы ростверка до поверхности грунта (принималась равной 0 для низкого ростверка и 1 м для высокого); α_e – коэффициент деформации, вычисленный по стандартной формуле

$$\alpha_{\varepsilon} = \sqrt[5]{\frac{Kb_p}{EI}}.$$

Влияние грунта на сваю в виде бокового отпора учитывается коэффициентом пропорциональности K , кН/м^4 .

Для учета характера сопряжения сваи с ростверком в модель были заложены два граничных условия: свободное (шарнирное) сопряжение, при котором коэффициент расчетной длины $\mu = 2$, и жесткое сопряжение, для которого $\mu = 1$.

Автоматизация расчета была реализована путем использования среды электронных таблиц. Полученные результаты вычислений для различных коэффициентов пропорциональности K при низком ростверке и свободном сопряжении сваи с ростверком показаны в таблице 1, при жестком сопряжении – в таблице 2.

Таблица 1 – Предельная нагрузка N_{ult} при свободном сопряжении сваи сечения 150×150 мм с низким ростверком $\mu = 2$

$K, \text{кН/м}^4$			1350	7000	10000
$N_{ult}, \text{кН}$	B15	4d10A400	–	213	228
		4d 8A400	–	184	197
		4d 8A500	–	196	210
	B20	4d10A400	–	260	274
		4d 8A400	–	231	244
		4d 8A500	–	243	256
	B25	4d10A400	–	–	320
		4d 8A400	–	–	291
		4d 8A500	–	–	302

Таблица 2 – Предельная нагрузка N_{ult} при жестком сопряжении сваи сечения 150×150 мм с низким ростверком $\mu = 1$

$K, \text{кН/м}^4$			1350	7000	10000
$N_{ult}, \text{кН}$	B15	4d10A400	258	272	274
		4d 8A400	224	236	238
		4d 8A500	237	251	252
	B20	4d10A400	314	333	335
		4d 8A400	280	297	298
		4d 8A500	293	312	313
	B25	4d10A400	369	394	395
		4d 8A400	335	358	359
		4d 8A500	349	372	374

Произведенные вычисления показали, что в случае наличия в расчетной зоне учета бокового отпора грунтов с небольшим значением K , таких как глины и суглинки текучеplastичные, для свободного сопряжения сваи с ростверком несущую способность N_{ult} найти невозможно из-за ограничения по отношению l_{ef} / h . Для сваи, жестко сопряженной с низким ростверком, несущая способность N_{ult} определяется для всех типов грунтов. В случаях, когда превышено ограничение по отношению l_{ef} / h , выполнена проверка по прочности материала как внецентренно-сжатого железобетонного элемента по формуле [5]

$$Ne \leq R_b b x (h_0 - 0,5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a').$$

По приведенной формуле были вычислены размеры несущей способности железобетонных свай сечением 150×150 мм и 200×200 мм для различных комбинаций соотношения изгибающего момента и продольной силы для низкого и высоких ростверков при различных грунтовых условиях.

В качестве примера покажем графики несущей способности железобетонных свай сечения 150×150 мм из бетона класса В20 арматурой А500d8 при свободном и жестком сопряжении с высоким ростверком $l_0 = 1$ м и $K = 4900$ кН/м⁴.

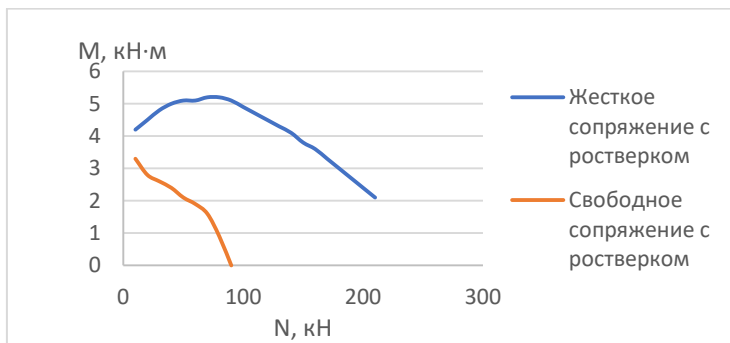


Рисунок 1 – Оценочные графики несущей способности сваи сечением 150×150 мм со свободным сопряжением с высоким ростверком

Результатом проведенного исследования являются данные по несущей способности по прочности забивной железобетонной сваи сечением 150×150 мм и 200×200 мм для различных грунтов, расположенных в расчетной зоне, при свободном и жестком сопряжениях сваи с ростверком.

Установлено, что указанные сваи могут применяться в свайных фундаментах легких зданий при незначительных нагрузках на основания и в качестве армирующих элементов при усилении оснований в строительстве.

Выполненным исследованием установлено, что жесткое сопряжение свай с ростверком повышает в ряде случаев несущую способность свай малого сечения по прочности более чем в два раза по сравнению со свободным сопряжением. Таким образом, жесткое сопряжение свай с ростверком следует применять в случаях, когда свободное сопряжение не может обеспечить достаточность несущей способности свай на эксплуатационные нагрузки.

Список литературы

- 1 **Бикметов, Р. М.** Применение фундаментов из свай малого сечения / Р. М. Бикметов, О. Л. Денисов // 68-я научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых УГНТУ : материалы конф., Уфа, 18–20 апр. 2017 г. – Кн. 2. – Уфа : Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2017. – С. 189–191. – EDN YZDXMH.
- 2 **Кравцов, В. Н.** Свай малого поперечного сечения для фундаментов малоэтажных зданий, упрочнения грунтов и их расчет / В. Н. Кравцов, П. В. Лапатын // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. – 2016. – № 16. – С. 102–107. – EDN YKQRNH.
- 3 **Мирсаяпов, И. Т.** Экспериментально-теоретические исследования работы армированных грунтовых массивов / И. Т. Мирсаяпов, А. О. Попов // Известия КГЛСУ. – 2008. – № 2 (10). – С. 75–80.
- 4 СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. СНиП 52-01-2003. – М. : Минстрой России, 2019. – 118 с.
- 5 СП 24.13330.2021. Свайные фундаменты. СНиП 2.02.03-85. – М. : Российский институт стандартизации, 2022. – 121 с.

УДК 728

ВИБРОЗАЩИТА И ВИБРОИЗОЛЯЦИЯ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ: МЕТОДЫ, МАТЕРИАЛЫ И НОРМАТИВНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ

М. Р. ЗВЯГИНЦЕВ

*Научный руководитель – Е. Н. Леонидова (ст. преп.)
Белгородский государственный технологический университет
им. В. Г. Шухова, Российская Федерация*

Вибрация как нежелательное физическое воздействие оказывает существенное влияние на долговечность строительных конструкций, сохранность внутренней отделки и, что самое важное, на здоровье и комфорт проживающих людей. В условиях интенсивной урбанизации и роста транспортных потоков проблема вибрационного воздействия на жилые здания приобретает особую остроту.