

*Невзоров Александр Леонидович, доктор технических наук, ректор
Архангельского государственного технического университета,
г. Архангельск, Россия,*

*Никитин Андрей Викторович, кандидат технических наук, доцент
кафедры инженерной геотехники, оснований и фундаментов
Архангельского государственного технического университета,
г. Архангельск, Россия,*

*Заручевных Анатолий Витальевич, директор научно-
исследовательского и проектного центра Архангельского
государственного технического университета, г. Архангельск, Россия,
Аксенов С.Е., Архангельский государственный технический
университет, г. Архангельск, Россия*

Развитие свайного фундаментостроения в г. Архангельске

The development of pile foundation engineering in Arkhangelsk

В статье приводятся результаты обобщения и анализа инженерно-геологических условий г. Архангельска и данных несущей способности свай. Показано, что динамические испытания свай в ледниковых суглинках дают заниженные значения несущей способности свай, расчетный метод – завышенные значения несущей способности. Полученные результаты могут быть учтены при составлении региональных норм по проектированию фундаментов.

In article results of generalization and the analysis of engineering-geological conditions of Arkhangelsk and data of bearing ability of piles are placed. It is shown, that dynamic tests of piles in glacial loams give the underestimated values of bearing ability of piles, a settlement method – the overestimated values of bearing ability. The received results can be considered at drawing up of regional norms on designing the bases.

Территория, на которой расположен г. Архангельск, имеет сложные инженерно-геологические условия. В толще четвертичных отложений присутствуют слабые грунты – торф, ил, глинистые грунты в текучепластичном состоянии и др.

По результатам обобщения данных инженерно-геологических изысканий по более чем 400 строительным площадкам выделено девять инженерно-геологических элементов (ИГЭ) [1, 2]:

ИГЭ-1 – *техногенные отложения* (t_{IV}), по составу крайне неоднородны, в старой части города представлены суглинками, строительным и бытовым мусором, в новых районах – мелким песком. Мощность изменяется в пределах от 0,5 до 4 м,

ИГЭ-2 – *болотные отложения* (b_{IV}), торф водонасыщенный, слабо- и среднеразложившийся, мощность 2...8 м,

ИГЭ-3 – *озерно-болотные отложения* (b_{IV}), суглинки и глины в мягко- и текучепластичном состоянии, мощность 0,5...2 м,

ИГЭ-4 – *аллювиально-морские отложения* (am_{IV}), представлены двумя разновидностями грунтов: песками пылеватыми (ИГЭ-4а) и илами (ИГЭ-4б). Пески с примесью органики и прослойками ила, насыщенные водой, мощность 7...9 м. Илы глинистые, реже суглинистые, с прослойками песка, мощность 2...8 м,

ИГЭ-5 – *отложения континентального перерыва* (k_{IV}), погребенный торф средне- и сильноразложившийся, водонасыщенный, мощность 0,2...1,0 м,

ИГЭ-6 – *озерно-ледниковые суглинки и глины* (lg_{III}), мягко- и тугопластичные, с растительными остатками, мощность 0,5...4,5 м,

ИГЭ-7 – *ледниковые отложения* (g_{III}), выходят на поверхность в центре города, на юге и севере залегают на глубине 10...25 м. Суглинки верхнего горизонта - от мягкопластичных до полутвердых с включениями гравия и гальки 5...10%, мощность 2...10 м. Суглинки нижнего горизонта – тугопластичные и полутвердые, с гравием и галькой до 5%, мощность 2...9 м,

ИГЭ-8 – *межстадиальные озерно-ледниковые отложения* ($inst_{III}$) разделяют горизонты ледниковых отложений, представлены суглинками в мягко- или тугопластичном состоянии, мощность 0,5...3,5 м,

ИГЭ-9 – *морские отложения* (m_{III}), суглинки полутвердые и твердые, с прослойками и линзами песка. Мощность достигает 40...42 м.

Физико-механические свойства названных грунтов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Характерные значения физико-механических свойств грунтов
г. Архангельска

Свойства грунтов	Инженерно-геологические элементы							
	ИГЭ-2, торф	ИГЭ-3, суглинок или глина	ИГЭ-4, ил	ИГЭ-5, торф	ИГЭ-6, суглинок	ИГЭ-7, суглинок	ИГЭ-8, суглинок	ИГЭ-9, суглинок
Плотность, г/см ³	0,94-1,04	1,64-1,85	1,59-1,79	1,03-1,11	1,90-2,05	2,02-2,18	1,92-2,10	2,02-2,16
Плотность частиц, г/см ³	1,46-1,52	2,58-2,72	2,61-2,73	1,65-1,74	2,68-2,73	2,70-2,75	2,72-2,75	2,72-2,76
Влажность	5-9	0,33-0,54	0,38-0,59	2,19-2,39	0,19-0,32	0,18-0,22	0,17-0,28	0,17-0,25
Влажность на границе раскатывания	—	0,24-0,41	0,21-0,38	—	0,26-0,36	0,22-0,32	0,26-0,37	0,17-0,25
Влажность на границе текучести	—	0,38-0,60	0,32-0,61	—	0,14-0,26	0,14-0,20	0,16-0,28	0,27-0,40
Число пластичности	—	0,11-0,2	0,09-0,24	—	0,08-0,15	0,07-0,14	0,08-0,17	0,08-0,17
Показатель текучести	—	0,6-1,0	0,9-1,5	—	0,3-0,6	0,1-0,5	0,3-0,7	-0,20-0,20
Угол внутреннего трения, град	5-10	5,1-11,2	6,9-10,2	7-12	6-14	9-18	7-13	14,5-21,3
Удельное сцепление, кПа	8-15	4,9-13,2	7,4-9,7	12-20	13-25	28-59	18-33	63,9-113,3
Модуль деформации, МПа	0,2-0,6	1,9-5,6	1,6-2,9	1,1-2,4	5-11	10-23	6-15	13,7-28,6

Указанные элементы образуют шесть типов оснований (рис. 1).

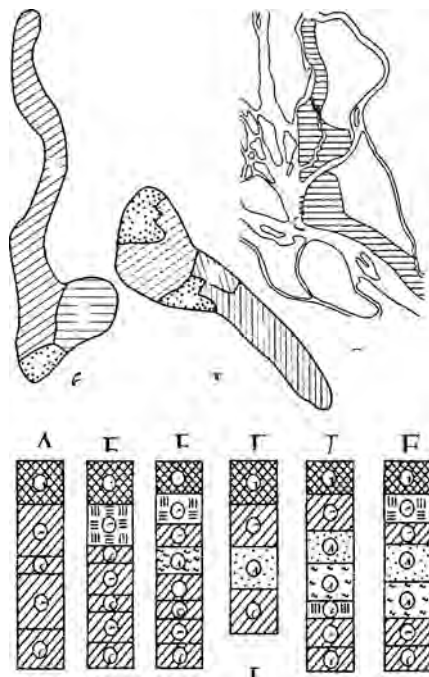


Рис. 1. Районирование территории г. Архангельска по типам оснований:
 а – общий план города, б – северная часть города,
 в – южная часть города, г – типы оснований

Из рис. 1 видно, что на 80% территории города возможно устройство лишь свайных фундаментов. Причем на сваях возводятся не только здания, но и все коммуникации. В городе применяются, как правило, забивные железобетонные сваи длиной до 20 м. В 70–80-х годах прошлого столетия их несущая способность определялась тремя методами:

1. Испытанием пробных свай статической нагрузкой. Исследования выполнялись лишь при строительстве крупных общественных зданий или многоэтажных жилых домов.

2. Расчетом, где сопротивление грунтов основания под нижним концом и на боковой поверхности сваи определяется по таблицам [3].

3. Испытанием пробных свай динамической нагрузкой, для создания которой применялись обычно механические молоты с массой ударной части 2–5 т и высотой падения около 1 м. К расчету принимался отказ, полученный при добивке свай после отдыха продолжительностью 14–25 суток.

Статическое зондирование грунтов в указанный период выполнялось сравнительно редко.

На рис. 2 представлены значения допустимой нагрузки на сваи длиной 11–16 м с поперечным сечением 35×35 см, погруженных в слой ледниковых суглинков (ИГЭ-7) с показателем текучести 0,1–0,33. Допустимая нагрузка рассчитывалась путем деления несущей способности на коэффициент надежности. Несущая способность определялась по результатам испытаний свай статической нагрузкой (N_1), расчетным методом (N_2), динамической нагрузкой (N_3). Коэффициент надежности принимался равным 1,2 в первом методе и 1,4 при использовании двух других. Испытания проводились 20–30 лет тому назад различными изыскательскими и строительными организациями.

Из рис. 2 видно, что расчетный метод дает завышенные в среднем на 18% значения допустимой нагрузки по сравнению с результатами испытаний свай статической нагрузкой. Динамические испытания, наоборот, дают заниженные в среднем на 35% результаты. Заметим, что статические испытания проводились в исключительных случаях и при проектировании принимались наименьшие значения, найденные по данным испытаний динамической нагрузкой.

В ходе выполнения экспертных работ за последние 5 лет нами проведено более 50 испытаний свай статической нагрузкой под существующими зданиями. Сваи срубаются на 65–70 см, а домкрат упирается в низ ростверка через распределительную плиту (рис. 3). Длина свай определяется с помощью прибора ИДС-1, действие которого основано на определении времени прохождения упругих волн.

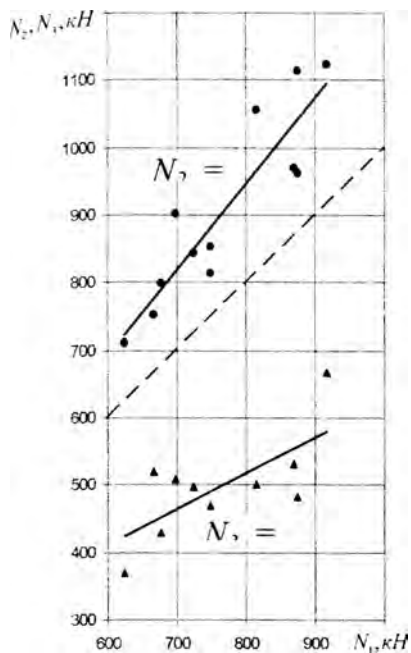


Рис. 2. Значения допустимых нагрузок на свай, испытанные в 70–80-х гг.



Рис. 3. Испытание грунтов основания статической вдавливающей нагрузкой:
 а – установка для испытаний свай. б – определение длины свай прибором ИДС-1

Перемещение большинства свай в ходе испытаний не превышало 3-4 мм. Дальнейшее наращивание нагрузки прекращалось из-за опасности разрушения ростверка или достижения нагрузки, заданной программой экспертных работ. Характерные графики испытаний свай длиной 10...14 м с расположением острия свай в нижнем горизонте ледниковых отложений представлены на рис. 4.

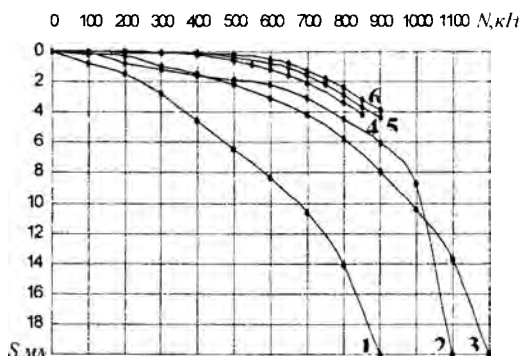


Рис. 4. Характерные графики испытаний свай статической нагрузкой:
1, 2, 3 – испытания 1971-1979 г., 4, 5, 6 – испытания 2002-2004 гг. (под зданиями)

Из графиков, приведенных на рис. 4 видно, что осадка грунтов основания свай после 30...37 лет эксплуатации зданий при нагрузках до 300 кН уменьшились в 10...20 раз, в интервале 300...800 кН – в 2...5 раза.

До предельных перемещений удалось нагрузить лишь 6 свай длиной 5-12 м с поперечным сечением 30×30 см. Острие всех указанных свай находилось в верхнем горизонте морены (ИГЭ-4). На рис. 5 представлены значения допустимой нагрузки на эти сваи по результатам испытаний свай статической нагрузкой (N_1) и расчетным методом (N_2).

Данные, представленные на рис. 5, показывают, что допускаемая нагрузка на сваи, найденная расчетом по методу 2, ниже значений, полученных при испытаниях статической нагрузкой, в среднем на 25%.

Такое отличие от данных, полученных до начала строительства, свидетельствует о приросте несущей способности свай за время эксплуатации зданий.

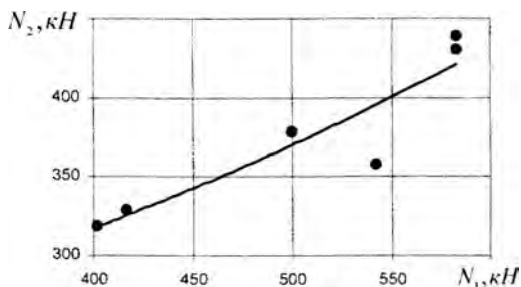


Рис. 5. Значения допустимых нагрузок на сваи под существующими зданиями

По результатам проведенных работ можно сделать следующие выводы:

- при разработке генеральных планов застройки городов необходимо обязательно выполнять обобщение и анализ инженерно-геологических условий, что позволит существенно уменьшить затраты на устройство фундаментов и инженерных коммуникаций,
- для более точного определения несущей способности реконструируемых зданий с увеличением нагрузок на фундаменты (надстройка этажей, устройство цокольных этажей и т.д.), строительства на свайных полях после длительного отдыха, необходимо выполнение испытаний грунтов основания свайных фундаментов статической нагрузкой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Невзоров А.Л. Разработка территориальных строительных норм как способ оптимизации состава и объема инженерно-геологических изысканий / А.Л. Невзоров, А.В. Никитин // Академические чтения Н.А. Цытовича. 2-е Денисовские чтения: материалы Междунар. (2-го Всероссийского) совещания зав. кафедрами механики грунтов, инженерной геологии, оснований и фундаментов и подземного строительства строительных вузов и факультетов. – М.: МГСУ, 2003. – С.111–116.
2. Никитин А.В. Инженерно-геологические условия г. Архангельска / А.В. Никитин // Актуальные проблемы современного строительства: 56-я Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых: сб. докл. – СПб.: СПбГАСУ, 2004. – Ч.1. – С.11–14.
3. СНиП 2.02.03-85. Свайные фундаменты: Утв. Госстроем СССР 20.12.85. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 45 с.