

DOI: 10.26730/1999-4125-2019-5-92-100

УДК 624.131

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ
ГРУНТОВ СТРОЙПЛОЩАДКИ ПО УЛ. СТОЛЕТОВА В Г. НОВОСИБИРСКЕCOMPARISON OF METHODS FOR ESTIMATING SOIL DEFORMATION
PROPERTIES ON THE CONSTRUCTION SITE ON STOLETOV STREET,
NOVOSIBIRSK

Зарипова Наиля Адхамовна,
аспирант, инженер-геолог, e-mail: zaripova@sapnsk.ru
Nailya A. Zaripova Postgraduate, engineer-geologist

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, ул. Ленина, 30
National Research Tomsk Polytechnic University, 30 street Lenina, Tomsk, 634050, Russian Federation
ООО «СИБАУТСОРСПРОЕКТ», г. Новосибирск, Russian Federation
SIBAUTSORSПРОЕКТ LLC, Novosibirsk, Russian Federation

Аннотация:

Изучение деформационных характеристик основания является важнейшей составляющей при выборе проектных решений в строительстве. Приведено сравнение результатов определения деформационных характеристик грунтов разными полевыми и лабораторными методами на примере проведения инженерно-геологических изысканий в пределах площадки строительства многоквартирных домов с подземной автостоянкой по ул. Столетова в Калининском районе г. Новосибирска. Рассмотрена интерпретация результатов испытаний, приведены корректирующие коэффициенты между деформационными характеристиками, полученными в лабораторных условиях, и параметрами, измеряемыми при полевых испытаниях грунтов статическим зондированием, dilatометром, статическими нагрузками свай. Обоснована необходимость установления корректирующих коэффициентов для разработки территориальных строительных норм для города.

Ключевые слова: грунт, модуль деформации, статическое зондирование, dilatометр, испытание статической нагрузкой

Abstract:

The study of the deformation characteristics of the base is the most important component in the selection of design solutions in construction. A comparison of the results of determining the deformation characteristics of soils by different field and laboratory methods on the example of engineering and geological surveys within the construction site of apartment buildings with underground parking on Stoletova street in the Kalininsky district of Novosibirsk is given. The interpretation of the test results is considered and the correction coefficients between the deformation characteristics obtained in the laboratory and the parameters measured during field tests of soils by static sounding, dilatometer, static loads of piles are given. The necessity of establishing corrective coefficients for the development of territorial building standards for the city is substantiated.

Keywords: soil, modulus of deformation, cone penetration, flat dilatometer, plate load test

Актуальность работы заключается в том, что деформационные характеристики грунтов основания, полученные разными методами, сильно разнятся. Поэтому по рекомендациям СП 22.13330.2016 (п. 5.3.7, табл. 5.1) и СП 50-101-2004 (п.п. 5.3.6 и 5.3.11) значения модуля деформации глинистых грунтов оснований допускается

определять при помощи компрессионных испытаний с последующей их корректировкой на штамповые испытания, которые рассматриваются как эталонные и наиболее достоверные.

Однако, как показали исследования многих авторов: М.И. Горбунова-Посадова, С.И. Синельщикова (1958), Н.А. Цытовича (1963), В.М. Фурсы

(1965), Б.И. Далматова (1968), М.Н. Окуловой, М.В. Балора (1968, 1977), С.П. Шилова (1968), В.И. Шарова, Ф.С. Тофанюка, Г.И. Швецова (1969), В.Ф. Ширяева, И.С. Пономаревой (1977), А.И. Полищука (1978, 2003), В.В. Фурсова, М.В. Балора (1978, 2003), В.Б. Швеца, В.В. Лушникова, Н.С. Швец (1981), П.П. Фалеева (1992) и многих других, значения корректировочных коэффициентов могут существенно отличаться от рекомендованных нормативными документами и нуждаются в уточнении с учетом региональных особенностей грунтов.

Цель работы – проверить применимость рекомендуемых нормативных значений по СП на изучаемой площадке и степень отклонения от расчетных коэффициентов, выведенных по результатам сопоставления различных методик, применяемых в пределах изучаемого участка работ.

Методы исследования и эксперимент. Инженерно-геологические изыскания выполнялись силами отдела инженерно-геологических изысканий организации ООО «ГЕОСТРУКТУРА». Полевые работы проведены в феврале 2018 года. На участке было выполнено следующее:

1) Инженерно-геологическая рекогносцировка площадки с целью изучения природных условий и условий производства работ 0,40 км маршрута.

2) Бурение шести скважин глубиной 25,0 м и четырех скважин глубиной 10,0 м. Бурение осуществлялось ударно-канатным способом (диаметр бурения – 151мм), рейс проходки – 0,5 м, буровой установкой УГБ-1ВС на базе ЗИЛ–131. В процессе бурения отбирались образцы нарушенного сложения и монолиты в количестве, достаточном для проведения статической обработки выделенных инженерно-геологических элементов. Для сравнительного анализа полученных лабораторных данных параллельно были проведены полевые опытные испытания грунтов.

3) Испытание грунтов методом статического зондирования установкой ТЕСТ-К2 в 18-ти точках с целью расчленения инженерно-геологического разреза и назначения характеристик физико-механических свойств грунтов.

4) Испытание грунтов методом расклинивающего дилатометра РД-100 в 2-х точках с глубины 1,2 до 21,0 м. Ввиду наличия в разрезе плотной песчаной супеси для получения деформационных характеристик ИГЭ-4 проводилось разбуривание в точках испытаний с глубины 15,0 м до 19,2 м (точка испытания 2/2) и с глубины 16,0 м до 18,0 м (точка испытания 3/1).

5) В 2019 году, спустя год после проведения инженерно-геологических изысканий, ООО «ГЕОСТРУКТУРА» выполнены испытания натуральных свай статическими вдавливающими нагрузками для определения фактической несущей способности опорного слоя (за опорный слой принят ИГЭ-3-супесь песчанистая пластичная).

Камеральную обработку и интерпретацию полевых и лабораторных данных произвела группа отдела инженерно-геологических изысканий ООО «СИБАУТСОРСПРОЕКТ» в марте 2018 года. Были изучены инженерно-геологические условия на площадке. Автор статьи принимал участие в камеральной обработке данных, анализе материалов. Результаты проведенных работ рассмотрены и проанализированы в данной статье.

Характеристика инженерно-геологических условий

Исследуемая площадка расположена по следующему адресу: ул. Столетова, 17 – ул. Столетова, 11 в Калининском районе г. Новосибирска. Рельеф изучаемой площадки естественный, частично спланированный. Площадка характеризуется плотной застройкой, наличием большого количества действующих коммуникаций. Абсолютные отметки поверхности рельефа в городской системе высот изменяются от 175,20 м до 181,75м.

По климатическим характеристикам изучаемая территория (ГСМ. Новосибирска) относится к I (первому) климатическому району с наименее суровыми условиями (СП 131.13330.2018). Климат рассматриваемого района работ резко континентальный и характеризуется продолжительной холодной зимой с поздним наступлением тепла и ранними заморозками. Характерная особенность термического режима – большие годовые амплитуды, достигающие 75-80°C. Средняя годовая температура составляет +1,3°C. Самый холодный месяц (январь) характеризуется средней температурой -17,8°C и абсолютным минимумом -50°C. Наиболее теплым месяцем является июль, средняя температура которого составляет +19,4°C. Абсолютный максимум температуры наблюдался в июле и достигал +3°C, абсолютный минимум в июле составил -1 °C. Количество осадков в холодный период года (ноябрь-март) составляет 104 мм, в теплый период года (апрель-октябрь) – 321 мм. На рассматриваемой территории в течение всего года преобладают ветры юго-западного направления, до 30%. Максимальная скорость ветра при порывах достигает 28 м/с. Наибольшие скорости ветра более 15 м/с наблюдаются в октябре-феврале. Наибольшая высота снежного покрова составляет 72 см, средняя высота из наибольших – 39 см. Плотность снежного покрова 0,25 г/см³. Вес снегового покрова 150 кгс/м².

В геоморфологическом отношении исследуемая площадка приурочена к правобережному Приобскому плато.

В структурном отношении изучаемая территория располагается в пределах Сибирской платформы. Современные тектонические процессы в районе проектируемого строительства пассивны, землетрясения редки. Расчетная сейсмическая интенсивность в баллах шкалы MSK-64 в соответствии с картой ОСР-2015-А для объектов нормальной (массовое строительство) и пониженной

ответственности для г. Новосибирска составляет 6 баллов (СП 14.13330.2014, приказ Минстроя России № 844/пр (изменение № 1 к СП 14.13330.2014) от 23.11.15 года).

В геологическом строении площадки принимают участие голоценовые делювиальные отложения, представленные суглинками мягкопластичными, супесями пластичными и глинами

полутвердыми. По результатам полевых и лабораторных работ составлен инженерно-геологический разрез изучаемого участка: в основании разреза залегает глина серо-бурого цвета, легкая пылеватая полутвердая, вскрытая мощность слоя 0,2 – 6,6 м (ИГЭ-4). Данные грунты перекрывает супесь серая песчанистая пластичная, мощностью 1,6–4,8 м

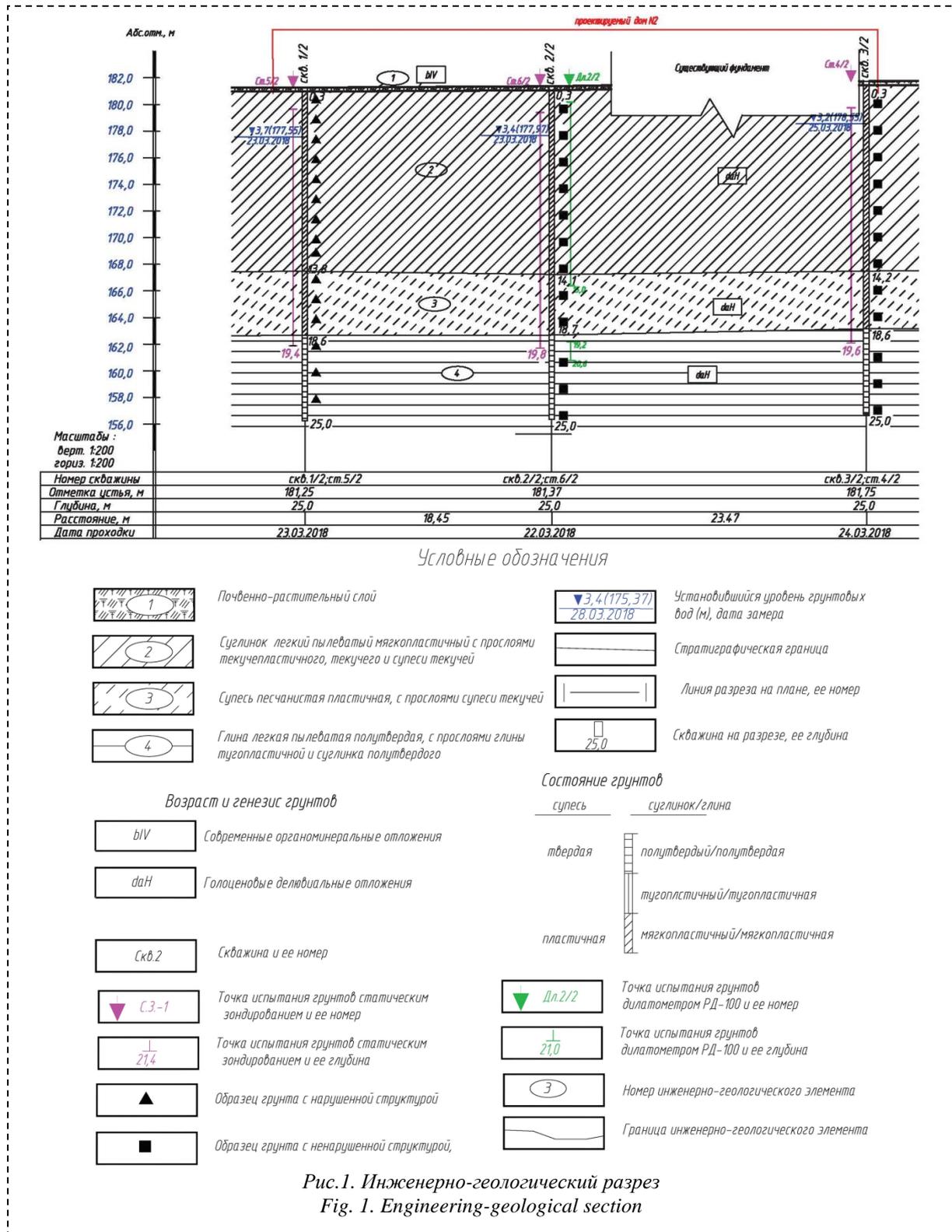


Рис.1. Инженерно-геологический разрез
Fig. 1. Engineering-geological section

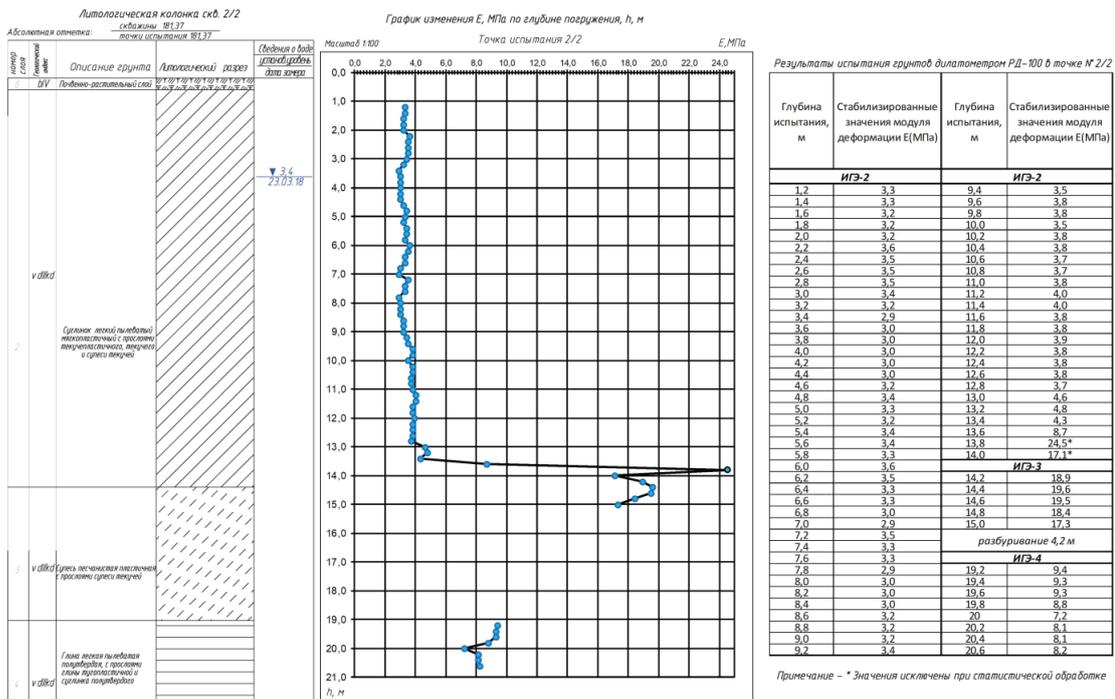


Рис. 3. Результаты обработки данных dilatометра рядом со скважиной 2
 Fig. 3. The data processing results of the dilatometer next to the borehole 2



Рис. 4. Испытательный стенд сваи 2
 Fig. 4. Pile test 2



Рис. 5. Регистрация деформаций с помощью индикаторов
 Fig. 5. Registration of deformations by means of dial gauges

Испытания грунтов **расклинивающим dilatометром РД-100** позволили определить значения и соответственно изменчивость деформационных свойств грунтовой толщи в процессе задавливания в массив рабочего наконечника dilatометра – клина, снабженного тензометрическим динамометром. Определение модуля деформации производилось в непрерывном режиме. Ввиду наличия в разрезе плотной песчанистой супеси для получения деформационных характеристик ИГЭ-4 проводилось разрушение данного ИГЭ и дальнейшее проведение испытания. Результаты испытания сведены в таблицы, построены графики изменения модуля деформации по глубине. Пример результатов

испытания в непосредственной близости к скв. 2 приведен на рис. 3

Спустя год после проведения инженерно-геологических изысканий (в 2019 году) для грунтов опорного слоя проведены **натурные испытания забивных свай** типа С160.35-10 статической вдавливающей нагрузкой согласно ГОСТ 5686-2012. Испытания выполнялись с помощью испытательного стенда и гидравлического домкрата ДГ-100 в комплекте с насосной станцией НСР-400 и техническим манометром. Для регистрации вертикальных перемещений использовалась биметаллическая реперная система и индикаторы часового типа ИЧ-50 с точностью измерения 0,01 мм.

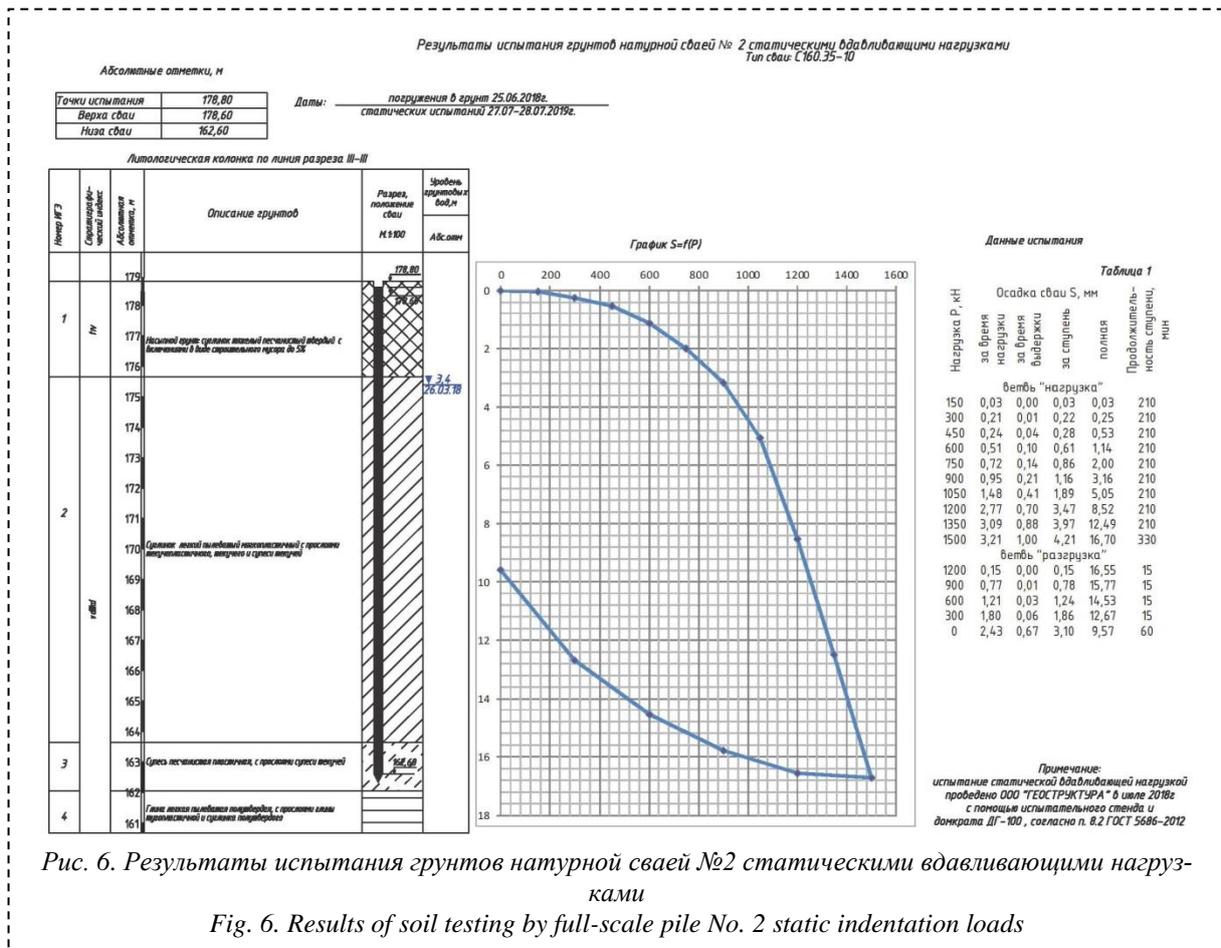


Рис. 6. Результаты испытания грунтов натурной сваей №2 статическими вдавливающими нагрузками

Fig. 6. Results of soil testing by full-scale pile No. 2 static indentation loads

Измерение вертикальной деформации сваи осуществлялось через каждые 30 минут с постоянной компенсацией давления в ветви нагружения. Длительность каждой ступени нагружения определялась выполнением критерия условной стабилизации деформаций. За критерий условной стабилизации была принята осадка сваи на ступени погружения не превышающая 0,1 мм за 120 минут наблюдения (ГОСТ 5686-2012).

Нагрузка на сваи согласно требованиям заказчика ограничивалась величиной нагрузки 1500 кН (150,0 т) либо достижением предельно допустимой осадки сваи – 40 мм. По данным проведенных испытаний построены графики зависимости осадки сваи от нагрузки. Результаты испытания сваи вблизи скв. 2 приведены на рис. 6.

Результаты:

Данные, полученные по результатам комплексного исследования механических свойств толщи, сведены в общую таблицу.

Из табл. 1 можно увидеть, как изменяются значения модуля деформации при различных видах испытаний в результате лабораторных, полевых и справочных (СП) данных. Можно отметить, что данные полевых опытных работ значительно повышают достоверность полученных лабораторных испытаний, позволяя сравнивать и находить корректирующие коэффициенты, рекомендуемые в пределах данной и прилегающих площадок с

близкими грунтовыми условиями. Ниже, в табл. 2, приведено сравнение корректирующих коэффициентов, полученных опытным путем, приведенным из СП 22.13330.2016, табл. 5.1, а также модулей деформации, скорректированных по результатам полного анализа всех выполненных на данном участке работ.

Выводы

1. Повышающие коэффициенты, приведенные в нормативной литературе (СП 22.13330.2016, табл 5.1), являются обобщенными для разных видов грунтов, не учитывающими состояние грунта, его генезис, уровень подземных вод в грунтовой толще. Данные коэффициенты не отражают реальные деформационные характеристики грунта, поэтому применимы только для зданий и сооружений нормального и пониженного уровней ответственности.

2. Повышающие коэффициенты правомерно использовать при отсутствии достаточных данных по слоям либо корректировке данных, полученных только по лабораторным данным. Справедливо считать, что актуальность поднятой проблемы состоит в том, что данные, повышающие коэффициенты, должны иметь территориальную принадлежность, учитывать генетические, геолого-геоморфологические, физические особенности грунтов. По нашему мнению, таблица 5.1 СП 22.13330.2016 нуждается в дальнейшей доработке, расширении,

Таблица 1. Оценка деформационных свойств грунтов и несущей способности
Table 1. Assessment of soil deformation properties and bearing capacity

№ИГЭ	Модуль деформации, МПа				Несущая способность, кН	Среднее значение	Рекомендуемое значение
	Компрессионные испытания	Статическое зондирование	Расклинивающий дилатометр	СП 22.13330.2016 (справочно)			
ИГЭ - 2 Суглинок бурый, легкий пылеватый мягкопластичный	2,9	6,3	3,5	10,0	-	5,7	3,5
ИГЭ – 3 Супесь серая песчанистая пластичная	17,7	30,6	18,0	28,0	1500	23,6	17,7
ИГЭ – 4 Глина серо-бурого цвета, легкая пылеватая полутвердая	7,3	15,5	8,6	22,0	-	13,4	7,3

Таблица 2. Сравнительная таблица корректирующих коэффициентов и модулей деформации, пересчитанных с учетом данных коэффициентов.

Table 2. Comparative table of correction coefficients and deformation modules, recalculated taking into account these coefficients

№ИГЭ	Повышающий коэффициент m_k (опытный)	Повышающий коэффициент m_{oed} (СП 22.13330.2016)	Отклонение от фактического нормативного значения, раз	e , д.е.	E^* , МПа	E^{**} , МПа
ИГЭ - 2 Суглинок мягкопластичный	1,63	2,20	1,12	0,794	5,7	6,4
ИГЭ – 3 Супесь пластичная	1,33	2,80	2,11	0,505	23,6	49,6
ИГЭ – 4 Глина полутвердая	1,84	2,35	1,28	0,707	13,4	17,2

сборе большого количества данных и их систематизации по территориальным субъектам страны.

3. Касательно непосредственно площадки изысканий: с учетом проведенных работ и проектируемого фундамента сооружения (свайный, с опиранием острия сваи в ИГЭ-3) рекомендуется принимать значения, полученные по данным испытаний дилатометра, компрессионных испытаний. Окончательные проектные решения следует назначать только после проверки расчетных нагрузок,

передаваемых на сваи, путем натурных испытаний забивных свай статическими вдавливающими нагрузками с опиранием острия сваи в супесь пластичную песчанистую (ИГЭ-3). По результатам фактически проведенных испытаний условие выполнено, грунты выдержали проектную нагрузку (160 тонн), не превысив значения предельной допустимой осадки в 40 мм (по результатам испытаний осадка составила от 16,7 до 30,1 мм).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Болдырев Г.Г., Мельников А.В., Меркульев Е.В., Новичков Г.А. Сравнение методов лабораторных и полевых испытаний грунтов // Инженерные изыскания, 2013, №14. С. 28-47.
2. Болдырев Г.Г., Мельников А.В., Новичков Г.А., Колесников А.С. Интерпретация результатов полевых испытаний с целью определения деформационных характеристик грунтов // Инженерные изыскания, 2014. №5-6. С.86-97

3. Болдырев Г.Г., Мельников А.В., Новичков Г.А., Колесников А.С. Интерпретация результатов лабораторных испытаний с целью определения деформационных характеристик грунтов // Инженерные изыскания, 2014. №5-6. С. 98-105.
4. Геологическое строение и полезные ископаемые Западной Сибири, Том 1, Министерство природных ресурсов РФ, ОАО «Новосибирскгеология», СО РАН Объединенный институт геологии, геофизики и минералогии, 1999.
5. Технический отчет по инженерно-геологическим изысканиям для подготовки проектной и рабочей документации для объекта: «Земельный участок под строительство многоквартирных домов с подземной автостоянкой по ул. Столетова, 17, ул. Столетова, 11 в Калининском районе г. Новосибирска», ООО «ГЕОСТРУКТУРА», 2018.
6. Технический отчет по результатам испытания грунтов натурными сваями статическими вдавливающими нагрузками для подготовки проектной документации для объекта: «Многоквартирный дом со встроенными помещениями общественного назначения с подземной автостоянкой по адресу: г. Новосибирск, ул. Столетова, 15» ООО «ГЕОСТРУКТУРА», 2019.
7. Технический отчет по результатам инженерно-геологических изысканий для подготовки проектной и рабочей документации для объекта: «Многоквартирный среднеэтажный дом с объектами обслуживания жилой застройки во встроенных помещениях, с автостоянкой, трансформаторной подстанцией по ул. Макаренко в Калининском районе города Новосибирска», ООО «Стадия НСК», 2017.
8. ASTM D4186. Standard Test Method for One-Dimensional Consolidation Properties of Saturated Cohesive Soils Using Controlled-Strain Loading. 2006.
9. Lee K., Sills G. A Moving Boundary Approach to the Large Strain Consolidation of a Thin Soil Layer // Proceedings, 3rd Intern. Conf. Numerical Methods Geomechanics, 1979, pp. 16-17.
10. Gorman C.T., Hopkins T.C., Deen R.C., Drnevich V.P. Constant Rate of Strain and Controlled Gradient Consolidation Testing // Geotechnical Testing Journal, Vol. 1, No. 1, 1978, pp. 3-15.
11. Wissa, A. E. Z., Christian, J. T., Davis, E. H., and Heiberg, S. Consolidation at Constant Rate of Strain // Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, Vol 97, No. SM10, October 1971.
12. СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты. Актуализированная версия СНиП 2.02.03-85. – М., 2011. 90 с.
13. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений. – М., 2016. 228 с.
14. СП 131.13330.2018. Строительная климатология. – М., 2018. 115 с.
15. СП 28.13330.2017. Защита строительных конструкций от коррозии. – М., 2017. 74 с.
16. СП 14.13330.2018. Строительство в сейсмических районах. – М., 2018. 115 с.
17. СП 50-102-2003. Проектирование и устройство свайных фундаментов. – М., 2003. 87 с.

REFERENCES

1. Boldyrev G.G., Melnikov A.V., Merkulev E.V., Novichkov G.A., Comparison of methods of laboratory and field tests of soils // Engineering surveys, 2013, No. 14. pp 28-47.
2. Boldyrev G.G., Melnikov A.V., Novichkov G.A., Kolesnikov A.C. Interpretation of the results of field tests to determine the deformation characteristics of soils // Engineering surveys, 2014. No. 5-6. pp. 86-97.
3. Boldyrev G.G., Melnikov A.V., Novichkov G.A., Kolesnikov A.C. Interpretation of the results of laboratory tests to determine the deformation characteristics of soils // Engineering surveys, 2014. No. 5-6. pp. 98-105.
4. Geological structure and minerals of Western Siberia, Volume 1, Ministry of natural resources of the Russian Federation, ОАО "Novosibirskgeology" Russian academy of sciences Siberian branch the united institute of geology, George, 1999.
5. Technical report on engineering and geological surveys for the preparation of design and working documentation for the facility: "Land for the construction of multi-apartment buildings with underground parking on the Stoletova - street, 17, 11 in the Kalininsky district of Novosibirsk ", LLC "Geostructure ", 2018.
6. Technical report on the results of soil testing with natural piles with static pressing loads for the preparation of design documentation for the object: "Apartment building with built-in public facilities with underground parking at the address: Novosibirsk, st. Stoletova, 15 "LLC" Geostructure ", 2019.
7. Technical report on the results of engineering and geological surveys for the preparation of design and detailed documentation for the facility: "A multi-storey mid-rise building with residential building service facilities in the built-in rooms, with a parking lot, a transformer substation on the street. Makarenko in the Kalinin district of the city of Novosibirsk ", LLC " NSC Stage ", 2017.
8. ASTM D4186. Standard Test Method for One-Dimensional Consolidation Properties of Saturated Cohesive Soils Using Controlled-Strain Loading. 2006.
9. Lee K., Sills G. A Moving Boundary Approach to the Large Strain Consolidation of a Thin Soil Layer. Proceedings, 3rd Intern. Conf. Numerical Methods Geomechanics, 1979, pp. 16-17.

10. Gorman C.T., Hopkins T.C., Deen R.C., Drnevich V.P. Constant Rate of Strain and Controlled Gradient Consolidation Testing. *Geotechnical Testing Journal*, Vol. 1, No. 1, 1978, pp. 3-15.
11. Wissa, A. E. Z., Christian, J. T., Davis, E. H., and Heiberg, S. Consolidation at Constant Rate of Strain /*J. Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE*, Vol 97, No. SM10, October 1971.
12. SP 24.13330.2011. Pile foundation. – Moscow, 2011. 90 p.
13. SP 22.13330.2016. Foundation of buildings and structures. – Moscow, 2016, 228 p.
14. SP 131.13330.2018. Construction climatology. – Moscow, 2018, 115 p.
15. SP 28.13330.2017. Protection of construction constructions from corrosion. – Moscow, 2017, 74 p.
16. SP 14.13330.2018. Construction in seismic areas. – Moscow, 2018, 122 p.
- SP 50-102-2003. Design and device of piled fundaments. – Moscow, 2003, 87 p.

Поступило в редакцию 30.08.2019

Received 30 August 2019