

К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ ПО ДАННЫМ СТАТИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

А. Э. Курилович

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 10 сентября 2013 г.

Аннотация. *Определение плотности песчаных грунтов в процессе проведения инженерно-геологических изысканий связано с некоторыми техническими проблемами, обусловленными трудностями отбора монолитов грунта из песчаного массива. В связи с этим особую актуальность в наше время приобретает совершенствование методики интерпретации данных полевых опытных работ для повышения их информативности.*

Ключевые слова: *инженерно-геологические изыскания, песчаный грунт, плотность, инженерно-геологический элемент, статическое зондирование, физические свойства грунта, физико-механические свойства грунта, нормативные и расчетные значения, удельное сопротивление зондированию под конусом зонда.*

Abstract. *Sand grounds density definition is difficult for some technical problems in the process of selection of ground monoliths from sandy areas. Some methods of interpretation of static penetration tests can be used for getting extra density information. This article describes improvement of methods of static penetration tests interpretation.*

Key words: *engineering geological survey, sand, density, engineering geological constituent, static penetration test, physical properties of ground, physical and mechanical properties of ground, average (standard) and designed property values, static point resistance*

Изучение физических свойств грунтов, залегающих в активной зоне основания фундаментов проектируемых инженерных сооружений, несомненно, является одной из важнейших задач инженерно-геологических изысканий. В частности, определение нормативных и расчетных значений плотности грунтов в условиях их естественного залегания необходимо как для определения номенклатурного наименования выделенных инженерно-геологических элементов согласно [1], так и для проведения геотехнических расчетов, выполняемых в процессе проектирования.

Однако, отбор монолитов песчаных грунтов для лабораторных исследований [2] из буровых скважин, как правило, связан с объективными трудностями. Согласно требованиям [3], диаметр монолита, отбираемого с забоя буровой скважины при помощи задавливаемого грунтоноса, стального стакана с режущей кромкой или обуривающего шнека, должен быть не менее 90 мм. Успешное извлечение и транспортировка монолита несвязного грунта такого размера зачастую являются весьма проблематичными, особенно при наличии

подземных вод или рыхлом сложении песчаного массива. Традиционно этот вопрос решался путем применения для определения плотности (веса единицы объема) песчаных грунтов радиоизотопного каротажа, выполняемого непосредственно в буровых скважинах. Тем не менее, в силу тех или иных причин, большинство изыскательских организаций таких работ в настоящее время не производит. В связи с этим весьма перспективным представляется решение вопроса путем извлечения дополнительной информации из результатов статического зондирования, широко применяемого в процессе проведения инженерно-геологических изысканий.

Статическое зондирование, согласно [4, 5], очень часто используется для определения показателей физико-механических свойств песчано-глинистых грунтов, а также установления разновидности песка по плотности сложения. В течение ряда лет в некоторых изыскательских организациях проводится определение плотности (объемного веса) песка по данным статического зондирования. Однако получаемые таким образом значения плотности имеют сугубо предварительный (прогнозный) характер. Для широкого использования этой

методики необходимо провести ее апробацию, оценить достоверность получаемых результатов, установить границы и условия ее применения.

Как известно, разновидности песчаных грунтов по плотности сложения выделяются по значениям

коэффициента пористости (e) согласно т. Б.12 [5] (таблица 1) и (или) по значениям удельного сопротивления зондированию под конусом зонда (q_c) согласно т. 1, приложения И [5] (таблица 2).

Таблица 1

Разновидности песчаных грунтов по плотности сложения, выделяемые по значениям коэффициента пористости

Разновидность песков	Коэффициент пористости e , д.е.		
	Пески гравелистые, крупные и средней крупности	Пески мелкие	Пески пылеватые
Плотный	$e \leq 0,55$	$e \leq 0,60$	$e \leq 0,60$
Средней плотности	$0,55 < e \leq 0,70$	$0,60 < e \leq 0,75$	$0,60 < e \leq 0,80$
Рыхлый	$e > 0,70$	$e > 0,75$	$e > 0,80$

Таблица 2

Разновидности песчаных грунтов по плотности сложения, выделяемые по значениям удельного сопротивления зондированию под конусом зонда

Пески	Плотность сложения при q_c , МПа		
	Плотные	Средней плотности	Рыхлые
Крупные и средней крупности независимо от влажности	Более 15	От 5 до 15	Менее 5
Мелкие независимо от влажности	Более 12	От 4 до 12	Менее 4
Пылеватые: малой и средней степени водонасыщения	Более 10	От 3 до 10	Менее 3
насыщенные водой	Более 7	От 2 до 7	Менее 2

Зависимость значений коэффициента пористости (e) от удельного сопротивления зондирования под конусом зонда (q_c) по данным приведенным в таблицах представлена на рисунке 1.

Таким образом, значения коэффициента пористости песчаных грунтов различного гранулометрического состава и водонасыщения (для пылеватых песков) снимаются с графика по данным статического зондирования. Для песков малой и средней степени водонасыщения расчет значений плотности (ρ) проводится по формуле:

$$\rho = \frac{\rho_s(1+W)}{e+1},$$

где ρ_s – плотность частиц грунта, принимаемая 2,66 г/см³,

W – влажность песка, д.ед., определяемая по образцам нарушенной структуры.

e – значения коэффициента пористости, снятые с графика зависимости значений коэффициента пористости от удельного сопротивления зондированию под конусом зонда.

Для песков насыщенных водой расчет проводится по формуле:

$$\rho = \frac{\rho_s + W}{e + 1}.$$

В процессе составления курсовых и дипломных работ студентов Воронежского госуниверситета, специализирующихся в области инженерной геологии, нами неоднократно проводилась апробация данной методики. Некоторые полученные данные были опубликованы [7]. Использовались материалы инженерно-геологических изысканий, проведенных различными организациями для обоснования проектирования объектов гражданского строительства на территории г. Воронежа. Необходимым условием отбора материала являлось одновременное проведение при изысканиях статического зондирования и определение плотности четвертичных аллювиальных и флювиогляциальных песчаных отложений при помощи радиоизотопного каротажа. Для различной номенклатуры песчаных грунтов составлялись выборки парных значений частных показателей, по которым проводилось сравнение плотности рассчитанной по результатам зондирования с фактическими данными полученными геофизическим способом. Длина выборок

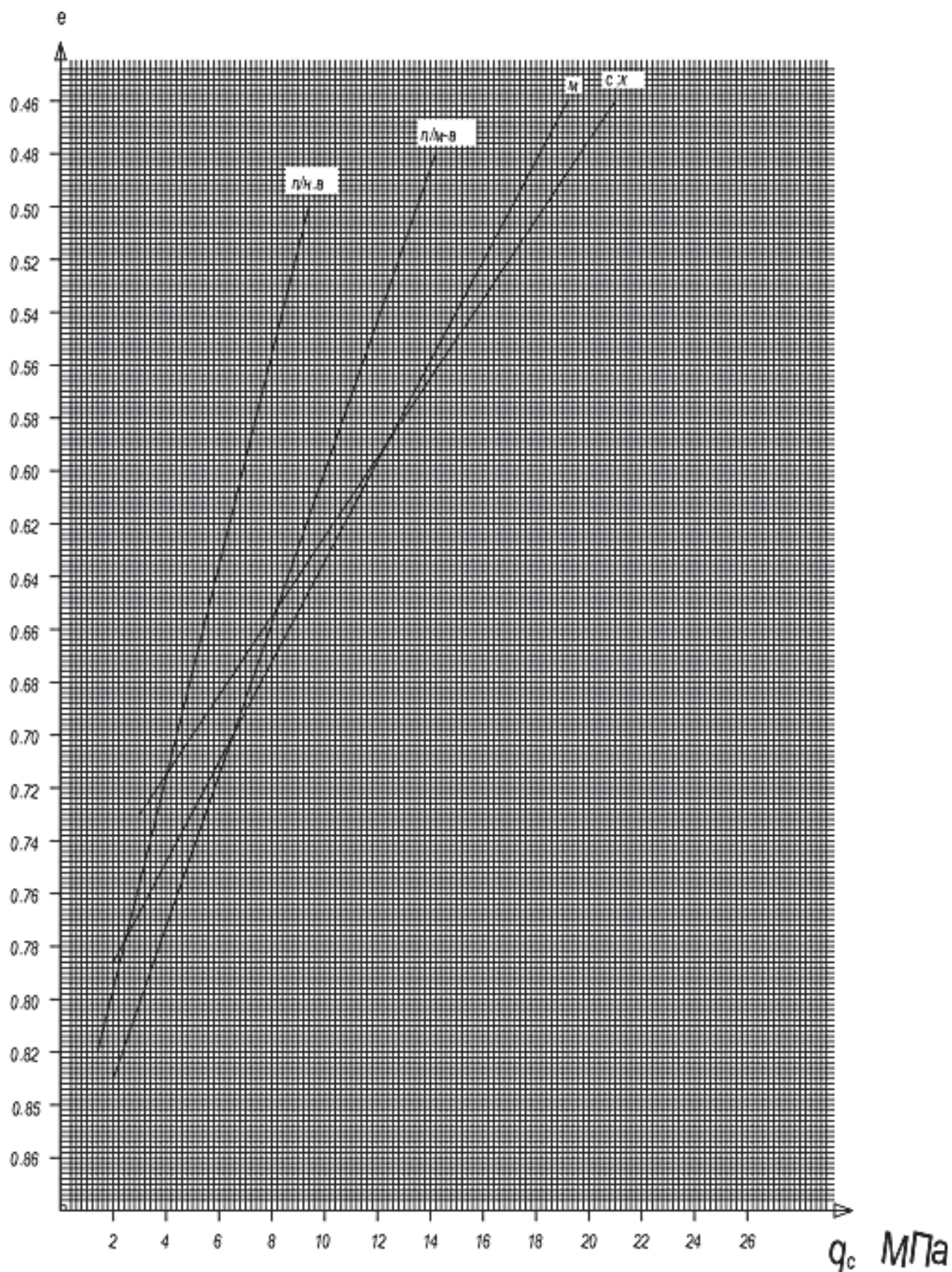


Рис. 1. График зависимости значений коэффициента пористости (e) от удельного сопротивления зондированию под конусом зонда (q_c)

составляла от десяти до 50 парных значений. Кроме того, проводилось сравнение рассчитанных и определенных нормативных (средних) значений плотности по выделенным инженерно-геологическим элементам [7].

В результате анализа данных установлено следующее:

1. Несмотря на то, что частные (индивидуальные) значения плотности песков средней плотности, определенные по данным статического зондирования и радиоактивного каротажа, могут существенно (до нескольких процентов) различаться, нормативные значения по выделенным инженерно-геологическим элементам практически совпадают. В абсолютном выражении погрешность определения некоторых частных значений достигает $0,04 \text{ г/см}^3$, нормативных – не превышает $0,02 \text{ г/см}^3$. Фактические данные не приводятся в публикации в связи с ограниченностью объемов статьи. Полученные результаты позволяют сделать заключение о возможности применения данной методики для определения плотности четвертичных кварцевых, кварц-полевошпатовых песков [5] средней плотности сложения.

2. Применение данных статического зондирования для определения значений плотности песков рыхлого и плотного сложения недопустимо, поскольку в этом случае имеет место очевидное занижение и, соответственно, завышение получаемых показателей. Это свидетельствует о том, что линейная экстраполяция графика за крайние точки, использованная в данном случае, неправомерна. Однако при привлечении дополнительного фактического материала представляется возможным

провести «достройку» графика для рыхлых и плотных песков с использованием нелинейной зависимости между рассматриваемыми показателями.

3. Усовершенствование представленной методики для использования при определении плотности песков рыхлого и плотного сложения может существенно повысить информативность статического зондирования. Это позволит значительно снизить трудоемкость и стоимость инженерно-геологических изысканий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Межгосударственный стандарт ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация. – М. : Госстрой РФ, 2013.
2. Межгосударственный стандарт ГОСТ 30416-96. Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения. – М. : Госстрой РФ, 1997.
3. Межгосударственный стандарт ГОСТ 12071-2000. Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов. – М. : Госстрой РФ, 2001.
4. Межгосударственный стандарт ГОСТ 19912-2001. Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием. – М. : Госстрой РФ, 2002.
5. Свод правил по проектированию и строительству СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть I. Общие правила производства работ. – М. : Госстрой РФ, 1997.
6. Слесарев М. А. К вопросу об определении физических свойств песчаных грунтов по данным статического зондирования / М. А. Слесарев // Геология в развивающемся мире : материалы международной научно-практической конф. – Пермь, 2012. С. 88–89.
7. Межгосударственный стандарт ГОСТ 20522-96. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний. – М. : Госстрой РФ, 1997.

Воронежский государственный университет
А. Э. Курилович, доцент кафедры гидрогеологии,
инженерной геологии и геоэкологии
Тел. 8 (473) 220-89-80
alkurae@mail.ru

Voronezh State University
A. E. Kurilovich, associate professor, chair of Hydro-
geology, Engineering geology and Geoecology
Tel. 8 (473) 220-89-80
alkurae@mail.ru