

Из представленных данных следует, что учет деформаций поперечного сдвига приводит к уменьшению верхних и нижних критических нагрузок на 10,5 и 26,6 % для $\beta = 0,069$, на 23,8 % и 35,5 % для $\beta = 0,139$ по сравнению с результатами расчетов для модели Кирхгофа – Лява ($\beta = 0$).

УДК 539.3

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТОВ ПО ДАННЫМ СТАТИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Е. Ю. ТРАЦЕВСКАЯ

Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, Республика Беларусь

Состояние геологической среды обуславливается целым рядом техноприродных факторов. Для снижения экономических рисков при ее освоении необходимо изучение процессов, происходящих, например, в зоне влияния различных инженерных сооружений, машин и механизмов, передающих вибродинамические нагрузки.

Влияние такого рода воздействий на изменение свойств грунтов имеет два аспекта изучения. С 30-х годов прошлого столетия их целенаправленно исследовали для улучшения инженерно-геологических условий строительства, например, при уплотнении грунтов в основаниях, погружении свай, шпунтов, оболочек и т. д. В меньшей степени изучено влияние техногенных динамических нагрузок на состояние и изменение свойств грунтов, что в свою очередь может обусловить дополнительные осадки сооружений и даже потерю их устойчивости при снижении сопротивления сдвигу или разжижении грунтов.

В настоящее время единственным национальным нормативным документом, регламентирующим определение динамических свойств грунтов, является технический кодекс установившейся практики «Основания и фундаменты зданий и сооружений. Фундаменты при вибродинамических воздействиях». В нем в частности говорится о необходимости сбора данных, касающихся физико-механических свойств грунтов для определения их упругих характеристик и оценки возможности возникновения длительных осадок фундаментов в результате действия вибраций.

Термин «динамические свойства грунтов», используемый в специальной литературе, неоднозначен. С одной стороны, динамические свойства грунтов характеризуют их как среду распространения колебаний (упругие, демпфирующие, фильтрующие свойства), а с другой – это различные формы реакции грунтов на динамические нагрузки, т. е. их динамическая неустойчивость, под которой понимают увеличение деформируемости и снижение прочности грунта при динамическом нагружении по сравнению со статическими условиями.

Ранее проводились теоретические исследования физико-механических свойств дисперсных грунтов [1–6]. Экспериментальное определение характеристик устойчивости и пластичности различного вида грунтов отражено в публикациях [7–10].

Статическое зондирование является одним из наиболее эффективных, перспективных и динамично развивающихся полевых экспресс-методов изучения состава, строения, состояния и механических свойств дисперсных грунтов. Этот метод применяют для количественной оценки характеристик физико-механических свойств грунтов (плотности, модуля деформации, угла внутреннего трения и сцепления грунтов и др.). К основным характеристикам относятся: удельные сопротивления грунта под накопником зонда (q_c , МПа), и на участке боковой поверхности зонда (f_s , кПа), показатель трения (R_f , %).

В качестве объекта исследований служили пески различных номенклатурных видов, супеси и суглинки различного генезиса. Величина сопротивлений песка при статическом зондировании зависит от гранулометрического состава, формы и шероховатости поверхности зерен, однородности, плотности и плотности сложения, а также его происхождения.

По нашим данным, для песчаных грунтов величина сопротивления погружению конуса q_c изменяется в зависимости от генезиса и дисперсности грунтов от 0,8 до 23 МПа. При этом величина показателя трения R_f изменяется преимущественно от 0,1 до 3,6 %. В пределах одного генетического типа с увеличением крупности песков наблюдается тенденция к увеличению сопротивлений погружению конуса q_c . Для глинистых грунтов величина сопротивления погружению конуса q_c составляет 0,7–18,9 МПа, а величина показателя трения R_f , как правило, больше 0,1 % и достигает 4,3 %. На

прочность супесей, определенную по величине сопротивления погружению конуса q_c , существенное влияние оказывает наличие в составе и количество песчаных частиц (от тонких до грубых) и даже гравийных (от мелких до средних) в супесях прочных и очень прочных.

Проведено сравнение результатов определения деформационных и прочностных характеристик грунтов методами штамповых испытаний и консолидировано-дренированного плоского среза с результатами исследований статическим зондированием.

С увеличением пластичности глинистых грунтов возрастает общее сопротивление сдвигу и деформируемость, удельное сопротивление по боковой поверхности зонда уменьшается. Для сопротивления погружению конуса зависимость от глинистости не прослеживается.

Отношение значений модулей деформации грунтов, определенных штамповыми испытаниями $E_{ш}$, к модулям, определенным по данным зондирования $E_{зонд}$ для песков мелких и пылеватых находятся близко к единице и не превышает 1,5. Значения модуля деформации супесей, полученные при штамповых испытаниях, превышают значения, полученные при статическом зондировании, в 2,5 раза. Для суглинков значения модулей деформации, полученные при зондировании, могут оказаться больше в два раза.

Следовательно, применение только методов зондирования для определения количественных показателей физико-механических свойств грунтов может привести к грубым ошибкам при прогнозе осадок естественных оснований.

Следует отметить, что полученные механические характеристики грунтов использовались при расчетах композитных элементов конструкций, связанных с упругим основанием [11–13].

Список литературы

- 1 **Трацевская, Е. Ю.** Особенности тектоники территории г. Гомеля в связи с оценкой устойчивости геологической среды / Е. Ю. Трацевская, А. Н. Галкин, И. А. Красовская // *Літасфера*. – 2003. – № 1 (18). – С. 78–85.
- 2 **Трацевская, Е. Ю.** Закономерности развития суффозионно-просадочных явлений на территории Белоруссии / Е. Ю. Трацевская, А. Н. Галкин // *Инженерная геология массивов лессовых пород : тр. междунар. науч. конф. ; под ред. В. Т. Трофимова, В. А. Королева*. – М. : 2004. – С. 108–109.
- 3 **Трацевская, Е. Ю.** Особенности формирования техногенного подтопления дисперсных грунтов / Е. Ю. Трацевская // *Природные ресурсы*. – 2008. – № 2. – С. 106–112.
- 4 **Трацевская, Е. Ю.** Современное динамическое состояние геологической среды г. Гомеля и его влияние на инженерно-геологические условия / Е. Ю. Трацевская, О. К. Абрамович // *Літасфера*. – 2008. – № 2 (29). – С. 129–137.
- 5 **Трацевская, Е. Ю.** Геологическая опасность развития подтопления грунтов и оценка экономических рисков при ее реализации / Е. Ю. Трацевская // *Природные ресурсы*. – 2009. – № 1. – С. 102–109.
- 6 **Трацевская, Е. Ю.** Влияние развития техногенного подтопления в дисперсных грунтах на надежность системы «основание – фундамент – здание» / Е. Ю. Трацевская // *Экология урбанизированных территорий*. – 2011. – № 2. – С. 71–76.
- 7 **Трацевская, Е. Ю.** Динамическая неустойчивость квазитиксотропных моренных грунтов / Е. Ю. Трацевская // *Літасфера*. – 2017. – № 1 (46). – С. 107–111.
- 8 **Трацевская, Е. Ю.** Характеристики пластичности супесчаных неводонасыщенных грунтов юго-востока Беларуси / Е. Ю. Трацевская // *Літасфера*. – 2018. – № 1 (48). – С. 12–17.
- 9 **Трацевская, Е. Ю.** Демпфирующие свойства слабосвязных трехфазных грунтов / Е. Ю. Трацевская // *Літасфера*. – 2019. – № 2 (51). – С. 115–121.
- 10 **Трацевская, Е. Ю.** Экспериментальное исследование параметров автотранспортного вибродинамического воздействия на массивы грунтов / Е. Ю. Трацевская // *Вестник БелГУТа: Наука и транспорт*. – 2020. – № 1 (40). – С. 58–61.
- 11 **Старовойтов, Э. И.** Колебания круговых композитных пластин на упругом основании под действием локальных нагрузок / Э. И. Старовойтов, Д. В. Леоненко // *Механика композитных материалов*. – 2016. – Т. 52, № 5. – С. 943–954.
- 12 **Starovoitov, E. I.** Resonance vibrations of circular composite plates on an elastic foundation / E. I. Starovoitov, D. V. Leonenko, D. V. Tarlakovsky // *Mechanics of Composite Materials*. – 2015. – Vol. 51, no. 5. – P. 561–570.
- 13 **Gorshkov, A. G.** Harmonic Vibrations of a Viscoelastoplastic Sandwich Cylindrical Shell / A. G. Gorshkov, É. I. Starovoitov, A. V. Yarovaya // *International applied mechanics*. – 2001. – Vol. 37, no. 9. – P. 1196–1203.

УДК 539.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА В ХИМИЧЕСКИ РЕАГИРУЮЩИХ ПОГРАНИЧНЫХ СЛОЯХ НА ЗАТУПЛЕННЫХ ТЕЛАХ

О. В. ТУШАВИНА

Московский авиационный институт (НИИ), Российская Федерация

Для исследования существенно нелинейной системы уравнений пограничного слоя широко используются различные численные методы. Для нереагирующих пограничных слоев ранее широко использовался метод интегральных соотношений Кармана путем введения толщин вытеснения, по-