

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу  
Антипова Вадима Валерьевича «Неразрушающий метод оперативной оценки модуля деформации песчаных и глинистых грунтов Пермского края для предварительных расчетов оснований и фундаментов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.02 – «Основания и фундаменты, подземные сооружения»

Представленная на отзыв диссертация В.В. Антипова состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы, включающего 201 наименование, шести приложений. Содержание работы изложено на 182 страницах и включает 109 страниц основного текста с 47 таблицами, 55 рисунками и фотографиями.

**Актуальность темы.** Использование полевых методов исследований грунтов позволяет сократить стоимость и сроки проведения инженерно-геологических изысканий. Причем, если для статического и динамического зондирования, прессиометрических испытаний в нормативных документах содержатся таблицы для определения деформационно-прочностных характеристик грунтов, то геофизические методы изысканий (сейсморазведка, электро-разведка) до сих пор находят ограниченное применение. Сдерживающими факторами их внедрения служат сложность интерпретации результатов, особенно в верхней части разреза, наличие существующей застройки, электромагнитных полей и др., а также определение лишь ограниченного числа необходимых для расчета фундаментов характеристик.

Поэтому направление исследований В.В. Антипова, связанное с оценкой физико-механических характеристик грунтов по данным многоканального анализа распространения поверхностных волн, является весьма актуальным, а полученные им зависимости для оценки характеристик сжимаемости позволяют упростить выбор площадки строительства и типа фундамента, сократить сроки и снизить стоимость проведения инженерно-геологических изысканий.

Таким образом, научные исследования, результаты которых представлены в диссертации, весьма актуальны, своевременны и соответствует заявленной специальности, а обозначенные автором их цель и задачи свидетельствуют о глубоком понимании проблемы и учитывают современное состояние вопроса.

**Научная новизна.** Автором выполнены комплексные экспериментальные полевые и лабораторные исследования, на основании которых получены следующие отличающиеся новизной научные результаты:

- установлена зависимость модуля деформации песчаных и глинистых грунтов Пермского края от динамического модуля сдвига, значение которого определяется методом многоканального анализа поверхностных волн (МАПВ),

- предложен и обоснован метод оценочного вычисления по результатам полевых исследований методом МАПВ координат характерных точек зависимости относительных вертикальных деформаций от девиатора напряжений, которую получают по результатам испытаний образцов в приборах трехосного сжатия.

**Практическая значимость** диссертации заключается в разработке весьма эффективных методов оценки характеристик сжимаемости грунтов по скорости распространения поверхностных волн, тем более, что методы имеют экспериментальное обоснование и сопровождаются рекомендациями по расчету.

Внедрение полученных результатов в практику проектирования фундаментов благодаря быстрой предварительной оценке деформационных свойств грунтов основания позволит оптимизировать выбор площадки строительства и типа фундамента сооружения, а также сократить объем изыскательских работ для подготовки рабочей документации. Подтверждением практической ценности диссертации является внедрение результатов исследований в г. Перми.

**Личный вклад автора, степень обоснованности и достоверность полученных автором результатов, основных выводов и рекомендаций.** Личный вклад автора заключается в планировании и проведении экспериментальных и теоретических исследований, анализе их результатов, разработке рекомендаций по использованию полученных зависимостей. Представленная диссертация базируется на фундаментальных положениях механики грунтов и фундаментостроения. Противоречащие экспериментальным данным отечественных и зарубежных ученых положения и гипотезы в диссертации не использовались. Достоверность представленных автором результатов экспериментов обусловлена их сопоставлением с данными ранее выполненных исследований, применением современных приборов, математической обработкой экспериментальных данных. Обоснованность выводов и рекомендаций подтверждается лабораторными, полевыми экспериментами и численным моделированием с использованием программно-вычислительного комплекса PLAXIS.

### **Оценка содержания диссертации и ее завершенности.**

Автором выполнен детальный обзор публикаций о характеристиках сжимаемости грунтов, используемых в расчетах осадки оснований классическими методами и с помощью современных программ, использующих «продвинутые» модели. Приведен анализ методик проведения полевых штамповых и трехосных лабораторных испытаний грунтов, способов обработки их результатов и факторов, влияющих на результаты испытаний. Обсуждая трехосные испытания, автор, принимая во внимание существование различных характеристик сжимаемости, не рассматривает функциональную зависимость каждой из них от тех или иных свойств грунтов, а реализует универсальный подход – анализирует целиком график зависимости относительных вертикальных деформаций от девиатора напряжений, находит эмпирические формулы его аппроксимации. Далее автор приводит обоснование эффективности применения геофизических методов исследования основания проектируемых сооружений. Одним из них является метод многоканального анализа поверхностных волн (МАПВ). В диссертации дано описание метода, применяемого оборудования для его реализации, способов обработки данных, а также существующих эмпирических зависимостей характеристик сжимаемости грунтов от скорости прохождения поверхностных волн. Сделан вывод о необходимости верификации результатов измерений по данным полевых и лабораторных испытаний грунтов. Указанное направление и стало основной идеей рассматриваемой диссертации.

Экспериментальные исследования начаты со штамповых испытаний песков, супесей, суглинков и глин на четырех площадках. Использовались штампы площадью 600, 2500 и 5000 см<sup>2</sup>, в зависимости от грунта основания нагрузка доводилась до 150–400 кПа. Полученные значения модулей деформации изменяются от 5,1 МПа у текучепластичного суглинка до 24 МПа у насыпного мелкого плотного песка. Испытания методом МАПВ проводились на тех же площадках. Сейсмоприемники размещались с шагом 2 и 0,5 м, глубина исследований, равная половине длины приемной линии, составляла 6...23 м. По измеренной скорости поверхностных волн определялся динамический модуль сдвига и далее вычислялось соотношение (переходный коэффициент) между указанным модулем и модулем деформации, найденным по данным испытаний штампом. Установлена зависимость этого соотношения (переходного коэффициента) от удельного веса исследуемого грунта, причем не только по экспериментальным данным автора, но и по данным полевых экспериментов специалистов сторонней организации.

Аппроксимация зависимостей относительных вертикальных деформаций образцов от девиатора напряжений  $\varepsilon_I = f(\sigma_{dev})$ , в тексте диссертации  $\sigma_{dev} = f(\varepsilon_I)$ , выполнялась с использованием степенной, показательной и логарифмической функций. Полученные аппроксимирующие зависимости, как убедительно показал автор, могут применяться для получения характеристик сжимаемости грунтов в различных диапазонах нагружения. Завершающим этапом верификации полученных зависимостей стало численное моделирование штамповых испытаний в программном комплексе PLAXIS. Решалась осесимметричная задача. В качестве характеристик сжимаемости задавались значения, найденные с помощью эмпирических зависимостей от физических свойств грунтов.

Итогом работы являются рекомендации по оперативной оценке модуля деформации методом МАПВ. Примеры практического применения метода показали, что погрешность расчета осадки с использованием найденных предлагаемым методом характеристик сжимаемости и по данным штамповых испытаний не превышает 20%.

Таким образом, при работе над заявленной темой автор прошел все необходимые этапы исследований – обзор литературы, полевые и лабораторные эксперименты, аналитические расчеты и численное моделирование, все результаты исследований весьма подробно представлены в тексте диссертации и приложениях, а сама диссертация носит законченный характер и соответствует паспорту специальности.

### **Замечания и вопросы по диссертационной работе:**

#### **1. О терминах.**

По-видимому, перевод с английского «многоканальный анализ поверхностных волн» не совсем точно отражает суть работы. Скорее всего, это «многоканальное исследование поверхностных волн», так как многоканальными являются измерения, а затем уже выполняется их анализ, что в итоге и является исследованием.

В цели и задачах исследований говорится о развитии неразрушающего метода оценки модуля деформации, а в первой главе уточняется, что к таковым автор относит, в частности, и применяемый им волновой метод исследования геологического разреза. Деление методов испытаний на разрушающие и неразрушающие используется обычно применительно к определению прочности строительных материалов, а не к испытаниям грунтов. Что касается последних, то требуется пояснить, например, к какой категории следует относить прессиометрию или штамповые испытания, если нагрузка на штамп не доводится до выпора. А куда отнести испытания образцов в одометрах, где образцы, в отли-

чие от сдвиговых приборов, не разрушаются, а лишь деформируются без образования поверхностей скольжения?

2. В п.1.4 указано, что предлагаемый автором метод оценки сжимаемости грунтов основания может использоваться на объектах реконструкции, однако в работе отсутствуют какие-либо пояснения о влиянии существующих фундаментов и окружающей застройки на распространение волн, а значит, и на получаемые результаты измерений. В частности, на стр. 51 автор объясняет погрешность в определении мощности слоев грунта методом МАПВ более 20% на площадке 2 влиянием размещенной в зоне измерений установки для штамповых испытаний. Отсюда вполне вероятным будет и влияние на результаты существующих фундаментов.

Отсутствует в работе и оценка влияния на полученные корреляционные зависимости степени водонасыщения грунта и положения зеркала грунтовых вод.

3. Согласно ГОСТ 12248 при определении модуля деформации выжидают завершения фильтрационной консолидации образцов. Автор имеет дело как с песками, так и с глинистыми грунтами, сроки консолидации которых существенно отличаются. Требуется пояснить - не следовало ли при интерпретации данных, получаемых методом анализа поверхностных волн, принимать во внимание фактор длительной консолидации, например, корреляционные зависимости модуля деформации получать отдельно для указанных типов грунтов. Тем более, что согласно СП 11-105-97 ч.6 модуль деформации геофизическими методами определяют для скальных грунтов, песков и песчано-глинистых грунтов, но не глин.

Попутно следует пояснить каким образом 100%-ная консолидация образцов глины высотой 10 см в приборах трехосного сжатия достигалась всего лишь за 24 часа (стр. 65).

4. По результатам штамповых испытаний полутвердая глина с коэффициентом пористости 0,44 оказалась слабым грунтом с модулем деформации всего лишь 5,8 МПа. Не связан ли такой результат с какими-либо погрешностями при проведении испытаний?

5. В приложении В приведены результаты численного моделирования штамповых испытаний, где поля нормальных напряжений достигают нижней границы расчетной области, что оказывает влияние на результаты вычисления деформаций основания штампа. Такая же картина наблюдается и на рисунке Г.7, представляющем результаты расчета фундамента. По-видимому, заданные размеры расчетной области являются недостаточными.

6. Проведение трехосных испытаний образцов ненарушенной структуры, отобранных на участках проведения штамповых испытаний, существенно повысило бы информативность исследований, тогда как автор провел исследования образцов нарушенной структуры грунтов с других площадок.

7. Согласно цели и задачам исследований метод МАПВ предназначен для оперативной оценки сжимаемости грунтов при предварительных расчетах оснований и фундаментов. Возможно, в этом случае построение зависимости относительных вертикальных деформаций образцов от девиатора напряжений, с помощью которой можно получить характеристики грунта, используемые в численном моделировании с «продвинутыми» моделями грунта, является излишним?

**Публикации, отражающие содержание диссертации.** Основные теоретические положения работы и результаты экспериментов прошли достаточную апробацию: автор по теме диссертации опубликовал 12 работ, в том числе 3 статьи в изданиях, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, 3 – в изданиях из базы Web of Science и Scopus, получил 2 патента на изобретение, выступил на 5 конференциях различного уровня. В работе отсутствует использование материалов других авторов без ссылки на источник.

**Заключение по работе.** Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи, имеющей значение для развития строительной отрасли. Тема диссертации соответствует паспорту научной специальности 05.23.02 – Основания и фундаменты, подземные сооружения, а именно, пункту 1: «Разработка научных основ и практических методов инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий, основанных на математических моделях грунтовой среды и горных пород и обеспечивающих методы расчета оснований, фундаментов и подземных сооружений исходной информацией о физико-механических характеристиках грунтовой среды и горных пород». Работа обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе автора в фундаментостроение. Выводы, сделанные автором, отражают основные результаты работы.

Диссертационная работа «Неразрушающий метод оперативной оценки модуля деформации песчаных и глинистых грунтов Пермского края для предварительных расчетов оснований и фундаментов», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.02 – Основания и фундаменты, подземные сооружения, соответствует критериям, уста-

новленным в Положении о порядке присуждения ученых степеней, утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, а также всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Вадим Валерьевич Антипов достоин присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.02 – Основания и фундаменты, подземные сооружения.

Официальный оппонент  
профессор кафедры инженерной геологии, оснований и фундаментов  
Федерального государственного автономного образовательного  
учреждения высшего образования «Северный (Арктический)  
федеральный университет имени М.В. Ломоносова»,  
доктор технических наук по специальности  
05.23.02 – Основания и фундаменты, подземные сооружения,  
профессор



Александр Леонидович Невзоров

Докторская диссертация на тему: «Обеспечение устойчивого функционирования системы «основание-техногенная среда в сложных инженерно-геологических условиях», 2004 г., Санкт-Петербургский политехнический университет, специальность 05.23.02 – Основания и фундаменты, подземные сооружения.

Место работы:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»,  
кафедра инженерной геологии, оснований и фундаментов.

Должность: профессор.

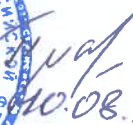
Адрес: 163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 17

Тел. раб. 8 (8182) 41-28-99, тел. моб. +7 911-554-68-28

e-mail: [a.l.nevzorov@yandex.ru](mailto:a.l.nevzorov@yandex.ru)

Подпись Невзорова А.Л. заверяю,  
Первый проректор  
по стратегическому развитию и науке



  
10.08.2021

П.А. Марьяндышев