

## ОТЗЫВ

официального оппонента Пономарева Андрея Будимировича  
на диссертационную работу Михайлова Виктора Сергеевича  
**«Прогноз колебаний большеразмерных свайных фундаментов с учетом  
резонансных эффектов»,**

представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.2 – «Основания и фундаменты, подземные сооружения»

На отзыв представлена диссертационная работа Михайлова В.С., в объеме 252 страницы, состоящая из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 195 наименований, двух приложений. Работа содержит 114 рисунков и 41 таблицу.

1. Оценивая **актуальность темы диссертации**, принятой для исследования, следует отметить, что автор в сложной проблеме оценки влияния динамических воздействий на фундаменты зданий и сооружений выбрал одно из перспективных направлений, связанных с проектированием и разработкой методов расчета свайных фундаментов с большим количеством свай на динамические и сейсмические воздействия. Несмотря на то, что в современных условиях крайне актуальны задачи по проектированию многоэтажных и высотных зданий в сложных геотехнических условиях с использованием большеразмерных в плане свайных оснований, включающих несколько сотен свай, в настоящее время отсутствуют методики расчета колебаний свайных фундаментов большого размера (свыше 25 свай), учитывающие резонансные свойства основания, что является важной составляющей при обосновании надёжности свай в составе большеразмерного свайного фундамента.

В этой связи задачи, поставленные автором в настоящем диссертационном исследовании, по моему мнению, **являются актуальными.**

2. **Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций** данной работы базируется на основных положениях и моделях механики грунтов, и сопротивления материалов, а также численное моделирование методом конечных элементов. Для решения поставленных задач применялись методы системного анализа, планирования и проведения экспериментов, математического моделирования. В качестве экспериментальных методов оценки достоверности динамических параметров расчетных моделей приняты полевые исследования отклика свайного фундамента на малоамплитудные колебания основания, специальные лабораторные исследования динамических свойств грунтов, исследования натурных свай методом статического нагружения.

3. **Непосредственно автором** было проведено моделирование, натурные микросейсмические исследования колебаний сооружений и фундаментов, разработан алгоритм численно-аналитического метода расчета колебаний большеразмерных свайных фундаментов с использованием комбинированной пространственной модели в условиях развития поверхностных волн или с использованием численно-аналитической модели пропорциональных деформаций, когда невозможно развитие эффектов резонанса между жестким фундаментом и основанием. Получены патенты № 2815393, №2844754 и

№2852243 на изобретения «Скважинный сейсмоприемник», «Скважинное прижимное устройство», «Источник сейсмических волн», позволяющие выполнять исследования малоамплитудных микросейсмических колебаний и динамических свойств грунтового массива в условиях повышенных шумов.

#### **4. Достоверность и новизна результатов.**

**Достоверность** научных положений, выводов и рекомендаций автора согласуются с известными положениями теории колебаний и с решениями, полученными с применением апробированных методик. Достоверность подтверждается данными компьютерного моделирования и натурными экспериментальными исследованиями с использованием сертифицированных программ и виброизмерительного оборудования.

**Научная новизна**, сформулированная в работе, не вызывает сомнения.

Она заключается в разработке комбинированной пространственной модели большеразмерного свайного основания, которая учитывает его резонансные свойства и включает энергетический критерий дискретизации ближней зоны основания, аналитическую свайную ячейку для соответствия малого шага свай укрупнённым конечным элементам ближней зоны, а также подстилающее аналитическое полупространство на глубине сейсмореализующей толщи. А также автором было предложено для условий, когда невозможно развитие резонанса между основанием и сооружением с жестким большеразмерным свайным фундаментом, упрощенная численно-аналитическая модель пропорциональных деформаций, основанная на модификации подхода Н.З. Готман с применением аналитических зависимостей по С.В. Harden и нормативных динамических свойств грунтов по О.А. Савинову.

#### **5. Значимость результатов диссертации для науки и практики.**

**Научная значимость** диссертационной работы может быть охарактеризована положительно и основывается на экспериментально-теоретическом обосновании модификации двух существующих расчетных моделей для учета динамических нагрузок на большеразмерные свайные фундаменты при отсутствии резонанса.

**Практическая ценность** работы – высокая. Её конечным результатом является предложенный автором комплексный метод расчета большеразмерных свайных фундаментов, позволяющий проектировать свайное основание в зависимости от возможности развития резонанса и жесткости фундамента. А также наблюдательный HVSR метод полевого исследования на всех этапах жизненного цикла свайного фундамента применительно к малоамплитудным колебаниям: исходного и «армированного сваями» основания, в условиях естественного и техногенного микросейсмического поля. Метод позволяет инструментально определять частотные характеристики проектируемого и возводимого свайного фундамента с использованием стандартного для сейсмического микрорайонирования виброизмерительного оборудования.

Результаты диссертационной работы могут быть использованы проектными, строительными и исследовательскими организациями, а также будут интересны в учебном процессе для студентов направления «Строительство»

и слушателей курсов повышения квалификации инженерно-технических работников.

#### **6. Оценка содержания диссертации.**

**Во введении** сформулированы цель, задачи (5 задач), научная новизна (4 пункта), методология исследования, достоверность, а также положения, выносимые на защиту.

**В первой главе** рассмотрены необходимые для комплексного расчета характеристики грунтов необходимые для задач моделирования, а также были приведены основные теоретические положения и эмпирико-аналитические методы расчета одиночных свай и свай в группе, которые необходимо учесть при разработке комплексной модели большеразмерного свайного поля с целью анализа напряженно-деформированного состояния фундамента на этапах статического и динамического нагружения. В конце главы даны выводы и уточнены задачи исследований.

**Во второй главе** первоначально было выполнено численное исследование с использованием трех методик: Osava Y., Kitagava Y., Irie Y ; ASCE 4; Timoshenko S.P. В дальнейшем автор рассмотрел методику ASCE 4, с использованием параметров динамической жесткости основания по Савинову О.А., в том числе параметров основания для фундаментов динамических машин согласно СП 26.13330, а также в виде линейной пространственной модели сооружения и основания в расчетном комплексе SCAD. На завершающем этапе главы был выполнен нелинейный анализ путем модификации сейсмического воздействия через нелинейную толщу дисперсных грунтов по методике Schnabel P.V., Lysmer J., Seed H.V. с анализом пространственной модели сооружения и основания в SCAD. Был сделан вывод, что предложенные три метода расчета в зависимости от гибкости свайного ростверка и от условий появления резонанса, при котором колебания фундамента оказывают обратное влияние на колебания грунтового основания.

**В третьей главе** приведены материалы выполненных численных исследований колебаний большеразмерных свайных фундаментов методом конечных элементов с использованием контактных, пространственных и комбинированных моделей. В данной главе с целью предварительной аналитической проверки метода расчета выполнен анализ амплитудно-частотных характеристик основания для аналитических одномерных моделей по классической методике SHAKE в сейсмологической программе DEEPSOIL, а также для пространственных моделей грунтового массива в расчетном комплексе SCAD. Выполнено сопоставление 20 различных дополнительных вариантов расчетного моделирования с целью анализа факторов, влияющих на результаты.

**В четвертой главе** представлены результаты полевых исследований, проведенных с целью натурной проверки колебаний большеразмерных свайных полей и их сопоставления с результатами численного моделирования с использованием предложенного комплексного метода расчета большеразмерных свайных фундаментов. Полевые исследования резонансных свойств свайных оснований проводились с использованием сейсмостанции с механиче-

скими СК-1П и электродинамическими GS-ONE велосиметрами. По результатам выполненных полевых натурных исследований подтверждена корректность предлагаемого численного метода расчета большеразмерных свайных фундаментов.

**В пятой главе** приведены рекомендации к применению комплексного метода расчета большеразмерных свайных фундаментов, включая блок-схему алгоритма расчета с кратким описанием этапов. Также даны рекомендации по полевой оценке параметров демпфирования основания и несущей способности свай при сейсмических нагрузках. Рекомендован учет интегральной глубины  $h_{eq}$  с учетом лабораторного определения глубины сейсмического разжижения грунтов при оценке несущей способности свай в сейсмических воздействиях, расширяющий существующий метод снижения сопротивления по боковой поверхности свай за счет утраты контакта с грунтом на глубину  $h_d$ . Приведенные рекомендации для оценки несущей способности свай позволяют исключить развитие пластических деформаций под пятой сваи в условиях сейсмических воздействий и выполнить более достоверный прогноз колебаний большеразмерных свайных фундаментов. Определены направления дальнейшего развития темы научных исследований.

**Выводы**, сформулированные автором, достаточно полно отражают основные результаты выполненной работы. Тема диссертации соответствует паспорту научной специальности: 2.1.2. Основания и фундаменты, подземные сооружения, а именно, пунктам 4, 6 и 9.

#### **7. Публикации, отражающие содержание диссертационной работы**

Основное содержание диссертации опубликовано в научной печати. По теме диссертации автором опубликованы -7, из них 4 – в журналах, рекомендованных ВАК РФ для публикации основных научных результатов диссертаций, 3 – в изданиях, индексируемых в международных реферативных базах Scopus и Web of Science. По результатам разработки используемого оборудования получено три патента.

**8. Автореферат** в полной мере отражает основное содержание диссертационной работы.

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

1. Автором заявлена достоверность полученных результатов и выводов в работе. Каким образом автором была подтверждена достоверность полевых исследований резонансных свойств основания? Требуется пояснение.

2. В чем заключается, используемый автором наблюдательный метод HVSR (Horizontal to vertical spectral ratio method)?

3. В формуле (2.27) определения момента инерции составного сечения по теореме Штайнера автор использует обозначение  $A_j$ . Это тот же параметр, что и в формуле (2.26) - площадь простых элементов, на которые разбито сечение? Или какой-то иной параметр? Требуется пояснение.

4. В работе автор использует термины «корректного» и «некорректного» разбиения грунтовой среды на конечные элементы при численном моделировании. Что автор понимает под данными терминами? Требуется пояснение.

5. В чем именно заключается вклад соискателя при разработке упрощенной численно-аналитической модели пропорциональных деформаций, использующей нормативные динамические свойства грунтов по О.А. Савинову и основанной на модификации подхода Н.З. Готман и для каких расчетных ситуаций она предназначена?

6. Применим ли предложенный автором метод полевых исследований резонансных эффектов в основании большеразмерных свайных фундаментов в грунтах IV категории по сейсмическим свойствам, согласно СП 14.13330.2018.

7. Каким образом автором было подтверждено соответствие колебаний отдельных свай в большеразмерном свайном фундаменте и предложенной аналитической модели укрупненных свайных ячеек?

8. Автор в работе утверждает, что наибольший риск увеличения внутренних усилий в сваях связан с развитием именно поверхностных волн в основании. На чем основан данный вывод? Чем он подтверждается?

9. Какие рекомендации из полученных результатов научной работы может дать автор, когда в случае увеличения усилий среза в сваях до 2.45 раз по сравнению с нормативным методом расчета по линейно-спектральной теории будет невозможно обеспечить прочность свай путем увеличения процента армирования?

10. В научной работе не сказано, в чем заключались модификации сейсмоакустического оборудования для задач мониторинга возводимых сооружений на свайном основании на этапе строительства, на основании которых были получены патенты № 2815393, №2844754 и №2852243 на изобретение. Требуется пояснение.

11. Не ясно, сколько всего опубликовано научных работ именно по теме диссертации из указанного автором количества 50, помимо 7 основных публикаций в журналах, рекомендованных ВАК РФ или индексируемых в международных реферативных базах. Требуется пояснение.

12. Соискатель неоднократно докладывал на конференциях о необходимости учета истории нагружения до выполнения анализа колебаний системы «основание-свайный фундамент-сооружение». Почему эти результаты не отражены в научной работе?

## **10. Заключение**

В целом ознакомление с диссертационной работой Михайлова В.С. оставляет положительное впечатление о научной и практической ценности работы, несмотря на указанные замечания.

Считаю, что представленная диссертационная работа отвечает критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней (постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г.) для диссертаций, представленных на соискание ученой степени кандидата технических наук. В ней дано теоретическое и экспериментальное обоснование комбинированной пространственной модели большеразмерного свайного основания, которая учитывает его резонансные свойства.

Автор представленной работы Михайлов Виктор Сергеевич заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.2 – «Основания и фундаменты, подземные сооружения».

**Официальный оппонент,**

Пономарев Андрей Будимирович,

доктор технических наук, профессор


05.23.02 (2.1.2) - Основания и фундаменты, подземные сооружения,

Адрес: 199106, Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия д.2

тел.: +7(812)328-84-09, e-mail: [Poномarev\\_AV@pers.spmi.ru](mailto:Poномarev_AV@pers.spmi.ru)

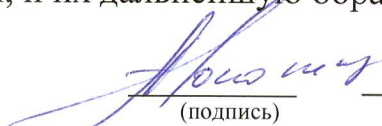
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», кафедра «Промышленное и гражданское строительство», заведующий кафедрой

«28» апреля 2026 г.

  
(подпись) А.Б. Пономарев  
(инициалы, фамилия)

Я, Пономарев Андрей Будимирович, даю согласие на включение своих персональных данных, содержащихся в настоящем отзыве, в документы, связанные с защитой диссертации, и их дальнейшую обработку.

«20» апреля 2026 г.

  
(подпись) А.Б. Пономарев  
(инициалы, фамилия)

Подпись Пономарева А.Б. заверяю



Начальник управления  
делопроизводства и  
контроля документооборота  
Е.Р. Яковлева

«20» апреля 2026 г.