

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Маковецкого Олега Александровича на тему:  
«Расчет и конструирование искусственного основания «структурный геотехнический массив», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.23.02 - Основания и фундаменты, подземные сооружения

В ответ на увеличение объемов строительства и появление новых технологий и материалов, в практике современного строительства возникают задачи, которые не имеют существующих алгоритмов решения, не говоря уже об инженерных методах, приведенных в нормативной литературе. Такого рода задачи требуют разработки целого структурного направления в соответствующей области практического и теоретического знания. К ним, в свою очередь, относится задача о расчете и конструировании искусственного основания в сложных инженерно-геологических условиях, которой посвящена диссертационная работа Маковецкого Олега Александровича.

Целью диссертационной работы явилось создание теории расчета и проектирования искусственного основания с заданными (контролируемыми) физико-механическими характеристиками. Объектом исследования в работе явился «структурный геотехнический массив», или массив слабого водонасыщенного грунта, который армирован относительно жесткими цилиндрическими элементами. Данные элементы сформированы с использованием технологии струйной цементации.

Автором работы проведены как экспериментальные, так и теоретические исследования объекта с точки зрения различных аспектов его применения на ряде опытных площадок строительства. В работе приведены теоретические основы решения соответствующей задачи описания поведения структурного геотехнического массива в окружающем грунте с учетом нагрузки от сооружения. Важно отметить, что работа содержит большое количество экспериментальных данных, полученных по результатам различных изысканий, в том числе физико-механические характеристики объекта исследования.

Еще одним значимым аспектом данной работы явилось то, что разработанные диссертантом теоретические и практические положения по проектированию такого рода сложных оснований вошли в федеральный нормативный документ - Свод правил СП 291.1325800.2017 «Конструкции грунтоцементные армированные. Правила проектирования».

Научная новизна и практическая значимость диссертационного исследования Маковецкого О.А. подтверждена большим количеством числа публикаций в рецензируемых международных и отечественных изданиях, которые индексируются в WoS и Scopus. Результаты работы прошли апробацию, в том числе на отраслевых конференциях и в профильных организациях.

В качестве замечаний по автореферату диссертации можно отметить следующее:

1. Необходимо обосновать выбор вязкоупругой модели Зиннера, как описывающую вязкоупругие деформации грунтобетона.

2. При решении численной задачи о поиске эффективных характеристик «структурного геотехнического массива» не обоснована мощность подстилающего грунтового слоя, от величины которой существенным образом зависят и величины эффективных характеристик.

3. «Структурный геотехнический массив» в представленной диссертантом работе является трансверсально-изотропной средой с объемным элементом периодичности. Однако, в работе представлены результаты численных решений для плоских задач. Не ясен выбор расчетных схем экспериментов по определению эффективных свойств исследуемого массива и количество эффективных констант.

Тем не менее, высказанные замечания не снижают общей положительной оценки выполненной работы.

Диссертационная работа «Расчет и конструирование искусственного основания «структурный геотехнический массив» обладает научной новизной и практической значимостью, соответствует требованиям Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 №842 «Положение о присуждении ученых степеней», а ее автор Маковецкий Олег Александрович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.23.02 - Основания и фундаменты, подземные сооружения.

Согласны на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

**Шардаков Игорь Николаевич**

Заведующий лабораторией интеллектуального мониторинга  
Отдела комплексных проблем механики деформируемых  
твердых тел «ИМСС УрО РАН» Пермского федерального  
исследовательского центра Уральского отделения  
Российской академии наук.

Доктор физико-математических наук  
(по специальности 01.02.04), профессор.

Почтовый адрес: г. Пермь, ул. Академика Королева, 1. Инд.:  
614013.

Адрес электронной почты: shardakov@icmm.ru

Телефон: +7 (342) 2378318

**Гусев Георгий Николаевич**

Заведующий лабораторией строительной механики,  
Старший научный сотрудник отдела комплексных проблем  
механики деформируемых твердых тел,  
лаборатории интеллектуального мониторинга «ИМСС УрО  
РАН» Пермского федерального исследовательского центра  
Уральского отделения Российской академии наук..

Кандидат технических наук (по специальности 05.13.18).

Почтовый адрес: г. Пермь, ул. Академика Королева, 1. Инд.:  
614013.

Адрес электронной почты: gusev.g@icmm.ru

Телефон: +7 (342) 2378384

И.Н. Шардаков

Г.Н. Гусев

Подписи заведующего лабораторией интеллектуального мониторинга отдела комплексных проблем механики деформируемых твердых тел, доктора физико-математических наук Шардакова Игоря Николаевича и заведующего лабораторией строительной механики, старшего научного сотрудника отдела комплексных проблем механики деформируемых твердых тел лаборатории интеллектуального мониторинга, кандидата технических наук Гусева Георгия Николаевича «ИМСС УрО РАН» - филиала Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук УДОСТОВЕРЯЮ.

Специалист по кадрам



Л.А. Ушакова



## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации *Маковецкого Олега Александровича* по теме:  
«Расчет и конструирование искусственного основания «структурный геотехнический массив»,  
представленной на соискание ученой степени доктора технических наук  
по специальности 05.23.02 - "Основания и фундаменты, подземные сооружения".

1. Представленный на рассмотрение автореферат структурно отражает состав соответствующей диссертации, содержащей введение, 6 глав, заключение, обширный перечень из 307 публикаций (45 - в автореферате) и приложения по теме защиты. Начало публикаций по теме отнесено к 2003 г.

В первом разделе обосновывается актуальность темы, общая постановка задач ее решения, возможные научно-теоретические и проектно-производственные подходы. Практика селитебно-хозяйственного освоения новых территорий предусматривает строительство объектов в различных геолого-климатических условиях, в том числе, на слабых водонасыщенных грунтах и при соблюдении экологических требований. Традиционная практика проектирования и строительства на таких грунтах оснований сооружений не содержала экономично эффективных и надежно прочностных решений фундаментов. Диссертантом предложено использовать в подобных условиях композитный принцип искусственно улучшенного основания - "структурный геотехнический массив" (далее - СГМ).

СГМ представлен устройством системы грунтоцементных свай, совместно работающих с грунтовым массивом. Грунтоцементные технологии создания свай позволяют разрушать грунт струей цементного раствора (jet1) или струей цементного раствора, усиленной воздушным потоком (jet2), наконец, струей воды с последующей подачей цементного раствора (jet3) - для смешивания его с грунтом и создания элементов из закрепленного грунта. Jet-сваи на базе вариативности своей технологии обладают по сравнению с забивными, буровыми, набивными или буроинъекционными сваями рядом преимуществ: возможностью регулировать при изготовлении прочность ствола сваи, улучшать условия опирания пяты сваи на грунт, обеспечивать более высокое сцепление грунта основания по боковой поверхности сваи.

Оборудование для создания СГМ удобно для широкого класса строительных объектов: по условиям их размещения; чувствительности к сейсмическим, ударным и вибрационным воздействиям; возможности будущей модернизации; наконец, видовому размещению фундаментов линейных, заглубленных и высотных объектов, ограждений котлованов и анкерных креплений откосов, противодиффузионных завес или усиления фундаментов.

2. Такие большие социально-хозяйственный спрос и производственные выгоды темы нуждались в научно-теоретическом обосновании правил геотехнических и проектных работ: выполнения реальных изысканий, разработки стандартов рабочего проектирования и реальной производственной апробации СГМ на объектах строительства.

Струйная цементация в водонасыщенных глинах и суглинках сопровождалась в проектах общими характеристиками грунтоцементных элементов, расчетом требуемых диаметров и расстояний между ними. Диссертант провел дополнительные полевые работы на 6 опытных площадках в Перми, Уфе, Краснодаре и Тюмени для уточнения технологических параметров формирования жестких элементов - скорости опускания/подъема монитора, закачивания раствора, расхода цемента, - влияющих на диаметр, длину и прочностные характеристики элементов.

Отобранные выбуриванием 800 образцов грунтобетона испытывались в лаборатории на одноосное сжатие и растяжение, позволив в итоге статистически нормировать базовые параметры грунтобетона для 2-х технологий создания жестких элементов СГМ. Ползучесть, обусловленную вязкостью гелиевой составляющей грунтоцемента и влияющую на деформации ствола элемента, было предложено оценивать согласно вязкоупругой трехпараметрической модели Зиннера - Фойгта для вычисления осадок в периоды нагружения элемента и эксплуатации будущего объекта.

Автор впервые провел серию опытов по определению меры ползучести стареющего грунтобетона (по времени до 180 суток) для получения корреляционной зависимости от возраста нагружения (учетом твердения в течение 14, 28 и 56 суток). Установленные экспериментами зависимости процессов ползучести хорошо следуют наследственной теории старения в виде функций Н.Х.Арутюняна. Ползучесть стареющего грунтобетона возрастом до 56 суток рекомендовано прогнозировать через предельную меру ползучести С.В.Александровского.

3. На основании анализа схем искусственно улучшенных оснований докторантом предложена новая конструкция - структурный геотехнический массив (СГМ), включающая (снизу-вверх для вертикального нагруженного массива): грунтовое основание, вертикальные армирующие элементы, распределительный слой, фундаментную конструкцию. Основание с поверхности планировки до проектного уровня в слабом водонасыщенном грунте проходят по регулярной сетке буровыми скважинами. Размеры ячеек сетки определяются расчетом в зависимости от деформативно-прочностных характеристик грунта и нагрузочных требований армирующих массив грунтоцементных элементов. Диаметр и длина армирующих элементов определяются назначением геомассива; порядок образования элементов в плане от периферии к центру создает напряженное состояние в массиве - повышает плотность и снижает деформативность.

4. Проведение и обобщение экспериментальных работ (Табл.3 реферата) позволили определить оптимальные диаметры и длины грунтоцементных элементов в зависимости от требований к геомассиву - допустимых осадок жестких элементов, понижения сейсмической чувствительности грунта и комплексных процессов СГМ - виброразжижения и виброползучести.

Вычисление комплексных характеристик СГМ, например, расчетного модуля деформации в целом -  $E_{\text{мас}}$ , выполнялось с использованием метода осреднения по Фойгту, исходящего из предположения об однородности поля обобщенных перемещений (ф-ла 2.6):

$$E_{\text{мас}} = \alpha E_{\text{ар}} + (1 - \alpha) E_{\text{гр}},$$

где:  $\alpha = V_{\text{ар}} / V_{\text{гр}}$  - коэффициент объемной доли армирующих элементов в массиве;  $V_{\text{ар}}$  - объем армирующих жестких элементов;  $V_{\text{гр}}$  - объем усиливаемого армированием грунтового массива;  $E_{\text{ар}}$ ,  $E_{\text{гр}}$  - расчетные модули упругости армирующих жестких элементов и деформации массива грунта.

Более сорока полевых испытаний грунтов плоским жестким штампом диаметром  $D=56,4$  см (площадью  $F=2500$  см<sup>2</sup>), проведенные на 15 опытных площадках 3-х городов страны, подтвердили пригодность предложенного способа определения модуля деформации геомассива по вторичной ветви разгрузки-нагружения штампа (на базе ГОСТ 20276-2012). В подобной проверке нуждается распределяющий слой из щебня фракции 20-70 мм, уложенный в уровне верхних плоскостей армирующих элементов.

5. Для практики строительства и эксплуатации СГМ важным является прогноз последующих непроектных осадок по геодезическим наблюдениям за уже возведенными объектами. Из прилагаемой диаграммы развития скоростей осадок (рис.7) следует, что на первом этапе устройства СГМ скорость роста осадок резко снижается (4...5 мм/в неделю) за счет плотностной опрессовки контакта фундаментной плиты с грунтом. В технологический период устройства СГМ вследствие 14-часовой первичной кристаллизации скорость осадок вновь увеличивается до 10...11 мм/в неделю. Затем, после достижения грунтобетоном жестких элементов проектной прочности и завершения формирования сетки армирования (56...70 суток), скорость осадок падала до 1...1,2 мм / в неделю. После полного завершения работ общие осадки составили 18...20 мм при скорости до 1...0,5 мм / в неделю.

Анализ развития осадок во времени выявил причину этого явления - ползучесть в объеме всего СГМ. По геодезическим наблюдениям закономерность развития осадок во времени в наблюдаемый период может быть представлена формулой (2.8):

$$S(t) = S_{\text{ф}}(1 - 0,019e^{-0,00083t})$$

СГМ явился одним из способов повышения сейсмической жесткости основания на слабых грунтах. Такой вывод был получен экспериментально путем выполнения сейсмического микрорайонирования по методу сейсмических жесткостей на объекте до и после устройства грунтового массива. При этом оценивались различные ИГЭ разреза - от пластичной супеси до

водонасыщенного песка (Табл.5). Эффективные модули деформации  $E_{эф}$  слоев геомассива превышали модули деформации  $E$  слоев исходного массива в 5...35 раз, а скорости распространения поперечных сейсмических волн этих же слоев различались в 18...4,3 раза.

На основании экспериментов предложена формула зависимости скорости поперечной сейсмической волны  $V_s$  от эффективного модуля деформации  $E_{эф}$  СГМ

$$V_s = f(\gamma, \nu, k_1, E_{эф}),$$

где:  $\gamma$ -удельный вес грунта,  $\nu = 0,25$  - коэффициент Пуассона,  $k_1 = 8,5$  - переходной опытный коэффициент скоростей поперечных волн от теории к эксперименту.

6. В 3-ей главе диссертации изложены теоретические зависимости поведения как отдельных компонент СГМ, так и массива в целом. Решена осесимметричная задача вычисления радиуса  $R$  цилиндрического элемента путем совместного решения физического состояния среды массива для упругой и пластической областей при заданных физико-механических параметрах грунта ( $\phi$ ,  $c$ ,  $E_0$ ) и давления на поверхности полости  $p$ . Приводимые в диссертации графики зависимости радиуса полостей 0,15...55м при давлении 45 МПа грунтобетонных элементов для характерных грунтов (объемный модуль деформации  $K = 5...20$  МПа) позволяют уже сегодня использовать полученные решения в рабочем проектировании.

Из анализа расчетов следует, что при диаметре жесткого элемента до  $D = 0,6$ м и межосевом расстоянии до  $L=(2,5...3)D$  грунтовый массив можно рассматривать как вертикально армированное основание, а жесткий элемент - как висячую сваю. При увеличении диаметра жесткого элемента до 1,2м и межосевом расстоянии до  $3D$  грунтовое основание рассматривается как единый структурный массив с приведенными грунтовыми характеристиками. В расчетах он представим в виде идеально сплошной среды с линейными деформациями от внешних сил, пока внутренние напряжения не превысят предельных значений массива. За необратимые релаксирующие деформации ответственны жесткие элементы как их концентраторы. Но учитывая малые объемы жестких элементов относительно массива, деформации СГМ можно характеризовать усредненными в пространстве величинами.

Влияние распределительного слоя выражается, подобно жесткому ростверку, в перераспределении напряжений от поверхностных сил между грунтом и армоэлементами. Распределительный слой имеет привычные в расчетах оснований физико-механические характеристики-нагрузочное давление  $q_0$ , удельный вес грунта  $\gamma$ , прочностные параметры  $\phi$  и  $c$ . Давление в слое вычисляется по Прандтлю для невесомой толщи ограниченной глубины последовательно на поверхностях грунта между элементами и на оголовках армирующих элементов.

При воздействии нагрузок на оголовки армирующего элемента возникает боковое сопротивление  $\tau$  в грунте массива, удерживающее элемент. Боковое сопротивление  $\tau$  зависит от перемещения  $u$ , достигая предельного сопротивления сдвигу (срыва)  $\tau_{pk}$  при перемещении  $u_f$ . Параметры зависимости  $\tau$ - $u$  определяют по данным натурных испытаний грунтобетонных элементов ступенчатой статической нагрузкой. Использование данных предусмотрено по ф-ам 3.12...3.14.

7. Общая оценка эффективности всего СГМ базируется на рассмотрении основания как двумерной периодической среды: а) периодической системы параллельных однонаправленных армоэлементов; б) вмещающей их однородной матрицы. Из данной среды выделяют базовую периодическую ячейку с размерами, в пределах которых свойства можно усреднить. Условием правильного подбора эффективных характеристик СГМ является равенство средних деформаций выделенной ячейки неоднородности при моделировании ее отдельными элементами и единым массивом. Искомый довод подтверждается в широком диапазоне модулей 30...160 МПа (рис.15).

Сложность проектирования состоит в учете изменения вязкости грунтобетона в период набора прочности. Этот факт требует сопутствующих экспериментов по установлению зависимости относительных деформаций ползучести грунтобетона от времени периода его интенсивного старения. Подобные данные важны для контроля осадок при строительстве самого объекта, а также временного периодического контроля зданий, чувствительных к осадкам.

Дополнительным позитивным свойством СГМ-массива в условиях городской застройки является снижение сейсмической нагрузки на фундаменты нагрузочных объектов. Диссертант

объясняет это тем, что распространение сейсмической волны в массиве проходит в условиях стесненной деформации.

СГМ в расчетах задается как упругое полупространство из набора плоских, разных по физическим свойствам, толщинам и состояниям слоев с учетом их расположения и числа. В качестве критерия качества задаются характеристики упругой волны на выходе из композиционной системы. Для оценки зависимости эффективной скорости прохождения поперечной волны от начальной скорости, диаметра и шага армоэлементов выполнен многофакторный вычислительный эксперимент. Его итоги подтвердили наиболее заметную роль диаметра при малых скоростях поперечной волны (в слабых водонасыщенных грунтах); с ростом начальных скоростей это влияние снижается. Наибольшее затухание ускорения происходит в слабом грунте при максимально жестком СГМ ( $v_s = 110$  м/сек;  $v_s^{эф} = 600$  м/сек; отношение показателей добротности  $n = Q/Q_G = 5,45$ ).

8. В 4-ой главе диссертации изложены процедуры компьютерного моделирования НДС и сравнение СГМ с натурными объектами городской застройки. СГМ представляет собой совместную конструкцию из типовых ужесточенных ячеек, окруженных вертикальным грунтобетонным массивом. Физически СГМ - массиву соответствует геомеханическая модель изотропного вязкоупругого твердого тела с базовыми физико-механическими характеристиками.

Расчеты выполнялись по программе Plaxis 3D на базе упруго-пластической модели грунта с изотропным упрочнением (Hardening-Soil model - HS), оперирующей разными модулями упругости: при первичном нагружении  $E_{50}$ , при разгрузке-вторичном нагружении  $E_{ur}$ , эффективным модулем деформации  $E_{эф}$ , компрессионным модулем  $E_k$ , обобщенным модулем  $E_{оед}$ . Модель грунтобетонного основания калибровалась по статическим испытаниям аналогичных грунтов жесткими плоскими штампами площадью 2500...5000 см<sup>2</sup>. Полученные результаты потребовали коррективы технологии испытаний - оценки модуля деформации по первичной петле нагрузочного графика или принимать модуль деформации  $E_{оед} = E_{50}$ .

Важной частью компьютерного моделирования явились расчеты возможных дополнительных осадок, возникающих по стадиям - в начале возведения котлована, затем образования СГМ, в процессе возведения объекта вплоть до геодезического замера осадок существующей окружной застройки. За критерий нормального функционирования основания принят уровень надежности 0,985 всех этапов системы. Анализ наблюдений показал, что основная часть дополнительных осадок окружающей застройки реализуется в период возведения непосредственно самого объекта: основная часть дополнительной осадки составила  $S = 12...19$  мм.

9. Важное место в диссертации (5-я глава) занимают проектные рекомендации по контролю качества грунтобетонных элементов по показателям удельного расхода цемента и времени воздействия на единицу модифицированного грунта. Сплошность жестких элементов уточняют посредством регистрации дифрагированной волны; габариты - по базовым прочностным характеристикам отобранных образцов грунта. Развитие дополнительных осадок окружающей застройки ограничивается глубиной и жесткостью экрана из буросекущих свай по периметру СГМ.

Стабилизация непроектных осадок при новом строительстве обеспечивается наблюдательным методом: расчетом и пробным созданием грунтобетонных элементов, выдержкой их твердения 72 часа и снятием нужных технологических параметров. По ним на основе теоретических зависимостей и геодезических наблюдений контролируют надежность основания и уточняют прогноз осадок. В любом случае контролируют эффективный модуль деформации, соотношение модулей деформации природного грунта и геомассива, подбирают процент армирования как жестких элементов, так и с учетом их сеточного плана.

10. Завершается автореферат заключением о проведенных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах диссертанта, перечнем его участия в обширной проектной и строительной практике на различных по виду, территориям и городам России объектах. Тематическое многообразие приводимых им экспериментально-теоретических исследований, как и разработка новых решений, умение организовывать их выполнение и внедрение в проектно-строительную практику свидетельствуют о широкой и глубокой эрудиции диссертанта.

Многочисленные публикации по различным аспектам защищаемой темы в количестве 46 лично и в содружестве с другими авторами подтверждают умение работать творчески целенаправленно как персонально, так и коллегиально.

Особо важно участие диссертанта в разработке свода правил СП 291.1325800.2017 "Конструкции грунтоцементные армированные. Правила проектирования",

"Справочника геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения" и в 6 работах, индексируемых Scopus и WoS.

11. В части замечаний хочу отметить следующее.

а) Согласно автореферату, основным видом фундаментов для реализации темы являются сваи. Почему тогда не приведены примеры их полевых испытаний?

б) Какова возможность расчета грунтоцементных свай долевым образом по нормативам?

в) Можно ли штамповый модуль деформации по вторичной ветви нагружения распространять на весь геомассив, если грунт под штампом и геомассив нагружаются в разное время их создания?

Высказанные замечания не снижают общей положительной оценки выполненной работы.

### Заключение

Диссертационная работа «Расчет и конструирование искусственного основания «Структурный геотехнический массив» обладает научно-теоретической новизной и производственно-практической значимостью, что соответствует требованиям Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 №842 «Положение о присуждении ученых степеней», и ее автор Маковецкий Олег Александрович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.23.02 - "Основания и фундаменты, подземные сооружения".

Я, Гольдфельд Игорь Зусьевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.


Гольдфельд Игорь Зусьевич

Почтовый адрес: Россия, 125481, г. Москва

Адрес электронной почты: Igoris36@gmail.com

Телефон: +7(910)4123498

Международная Ассоциация Фундаментостроителей (IAFC), внештатный научно-технический консультант, к.т.н. (МТН № 062941), старший научный сотрудник по геотехнике (СН № 02966)

 И.З.Гольдфельд/

Подпись Гольдфельда Игоря Зусьевича заверяю.

Генеральный директор

Международная Ассоциация Фундаментостроителей (IAFC)

Отзыв направляется в двух экземплярах.



## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Маковецкого Олега Александровича на тему:  
«Расчет и конструирование искусственного основания «структурный геотехнический массив», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.23.02 - Основания и фундаменты, подземные сооружения

**Актуальность темы.** Применение традиционных конструкций фундаментов при возведении зданий на слабых водонасыщенных грунтах зачастую является технически сложным и экономически неэффективным решением. В этом случае требуется устройство искусственно улучшенных оснований.

В связи с этим разработка на основе экспериментальных и теоретических исследований методики расчета и конструирования одного из типов искусственных оснований с задаваемыми физико-механическими характеристиками - «структурный геотехнический массив» является актуальной проблемой.

**Научная новизна работы:** состоит в развитии теории расчета напряженно-деформированного состояния массива грунта вертикально армированного жесткими элементами, выполненными по технологии струйной цементации грунта, при его взаимодействии с подземной частью зданий и сооружений, в том числе: разработаны теоретические основы преобразования механических свойств слабых водонасыщенных грунтов при выполнении вертикального армирования и устройстве промежуточного гибкого ростверка; предложена конструкция основания - «структурный геотехнический массив»; экспериментально исследована ползучесть грунтобетона и обосновано применение теории наследственного старения для описания реологических свойств грунтобетона; предложен алгоритм и разработана методика проектирования основания СГМ при новом строительстве и реконструкции зданий и сооружений; разработаны условия применения основания «структурный геотехнический массив» для предотвращения развития процессов виброползучести и виброразжижения слабых водонасыщенных грунтов при строительстве в сейсмических районах.

**Практическая значимость** заключается в разработке методики проектирования структурного геотехнического массива на основе разработанного алгоритма и методов контроля качества работ по его устройству на основе данных наблюдений за развитием осадок в строительный и эксплуатационные периоды.

Предложенная методика проектирования структурного геотехнического барьера позволяет сократить сроки выполнения и стоимость работ по устройству подземных частей зданий и сооружений, при обеспечении нормативного уровня механической безопасности зданий и сооружений в течении всего жизненного цикла.



**Степень достоверности результатов.** Теоретические результаты работы базируются на фундаментальных основах механики твердого деформируемого тела и механики грунтов.

Выводы работы основываются на согласовании результатов экспериментальных и теоретических исследований механических свойств модифицированного грунто-цементного композита - «грунтобетона», эффективных характеристик искусственного основания - «структурный геотехнический массив» и использовании полученных данных при решении краевых задач на основе механики сплошных деформируемых сред. Обеспечивается сравнительным анализом результатов с использованием предложенной методики проектирования с данными полевых экспериментов и геотехнического мониторинга выполненных конструкций.

**Личное участие соискателя в получении результатов работы:** проведение полевых и лабораторных экспериментов; разработка реологической модели напряженно-деформированного состояния грунто-цементного композита - «грунтобетона»; обоснование возможности использования для описания структурного геомассива модели трансверсально-изотропного тела; численное моделирование развития вертикальных перемещений и сравнение результатов с натурными наблюдениями; разработка рекомендаций по проектированию и контролю качества изготовления структурного геотехнического массива.

**Ценность научных работ соискателя** заключается в разработке теоретических положений конструктивных решений и технологических методов устройства искусственного основания - «структурный геотехнический массив», выполняемого с использованием технологии струйной цементации грунта для обеспечения механической безопасности зданий и сооружений, подтвержденных экспериментальными исследованиями.

Основные положения диссертации и результаты исследований опубликованы в 45 печатных работах, в том числе 18 в ведущих рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК и 6 в международные базы данных Scopus, Web of Science.

В качестве замечаний по автореферату диссертации можно отметить следующее:

1. В тексте автореферата не приведены пределы применимости предлагаемой методики проектирования «структурного геотехнического массива» по типу исходных грунтовых условий на площадке строительства.

2. Из текста автореферата не совсем ясно, каким образом выполняется устройство конструкции «структурного геотехнического массива» под существующими фундаментами?

3. При одинаковых технологических параметрах процесса струйной цементации в различных слоях грунтов диаметр грунтобетонного элемента переменный. Какой диаметр применяется при проектировании «структурного геотехнического массива»?

Высказанные замечания не снижают теоретической и практической значимости работы и будут учтены автором в дальнейших исследованиях.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация Маковецкого Олега Александровича «Расчет и конструирование искусственного основания «структурный геотехнический массив», соответствует паспорту специальности 05.23.02 – «Основания и фундаменты, подземные сооружения» (технические науки), пп. 11,12,13 областей исследования паспорта специальности.

Диссертационная работа «Расчет и конструирование искусственного основания «структурный геотехнический массив» обладает научной новизной и практической значимостью, соответствует требованиям Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 №842 «Положение о присуждении ученых степеней», а ее автор Маковецкий Олег Александрович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.23.02 - Основания и фундаменты, подземные сооружения.

Я, Дегтярев Георгий Владимирович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Дегтярев Георгий Владимирович  
Заведующий кафедрой строительного производства архитектурно-строительного факультета, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина»  
350044, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина,13  
тел: +7 (960) 474-91-69  
e-mail: [cst2007@mail.ru](mailto:cst2007@mail.ru)  
Доктор технических наук, специальность  
06.01.02 «Мелиорация, рекультивация и охрана земель»,  
доцент, Заслуженный строитель Кубани

Г.В. Дегтярев  
Личную печать  
начальник отдела

