

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УДК 624.131.37:624.131.43

**УЛАСИК**  
**Тамара Михайловна**

**ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ДИЛАТАНСИИ  
ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ СОПРОТИВЛЯЕМОСТИ  
НЕСВЯЗНЫХ ГРУНТОВ СДВИГУ**

Автореферат диссертации  
на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

по специальности 05.23.02 – Основания и фундаменты, подземные  
сооружения

Минск, 2011

Работа выполнена в Белорусском национальном техническом университете

**Научный  
руководитель**

**СОБОЛЕВСКИЙ Дмитрий Юрьевич**,  
доктор технических наук, профессор  
кафедры технологии строительного  
производства Белорусского национального  
технического университета

**Официальные  
оппоненты:**

**ПОЙТА Петр Степанович**,  
доктор технических наук, профессор, ректор  
учреждения образования «Брестский  
государственный технический университет»;

**КРЕМНЕВ Александр Павлович**,  
кандидат технических наук, доцент, доцент  
кафедры строительных конструкций  
учреждения образования «Полоцкий  
государственный университет»

**Оппонирующая  
организация**

Учреждение образования «Белорусский  
государственный университет транспорта»

Защита состоится «18» января 2012 г. в 15-00 на заседании совета по защите диссертаций *Д 02.05.09* при Белорусском национальном техническом университете по адресу: 220114, Минск, пр. Независимости, 150, к. 15, ауд. 808. E-mail: nrak@bntu.by, тел. / факс 8 (017) 265-96-97.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах с подписью, заверенной печатью учреждения, следует направлять на имя ученого секретаря совета по адресу: 220013, г. Минск, пр. Независимости, 65.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского национального технического университета.

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2011 г.

Ученый секретарь  
совета по защите диссертаций,  
канд. техн. наук, профессор

Н.А. Рак

© Уласик Т.М., 2011

© БНТУ, 2011

## ВВЕДЕНИЕ

Современное фундаментостроение ставит перед механикой грунтов ряд задач, до настоящего времени не находящихся необходимого решения. При испытаниях фундаментов глубокого заложения буровых и инъекционных свай, анкеров, армированного грунта обнаруживаются значения контактного трения и сопротивления вдавливанию, существенно отличающиеся от вычисленных теоретически и определенных лабораторными испытаниями.

Многие исследователи в связи с этим обращали внимание на дилатансию, как возможную причину столь значительных расхождений. Так, Д.Ю. Соболевским сформулированы основные принципы учета дилатансии, выявлено ее влияние на мобилизуемую прочность грунта. Прочность грунта рассматривается как функция условий его разрушения. Соответственно параметры прочности при разных условиях разрушения, у одного и того же грунта будут различны.

Данная проблема нуждается в детальном исследовании в части уточнения методов определения параметров прочности дилатирующих грунтов: конструкций приборов, способов приложения нагрузок, методик отображения результатов. Последние регулируются нормами, устанавливаемыми государством. В Беларуси такими нормами являются СТБ (стандартные требования Беларуси). Созданные на основе ГОСТ, стандартные требования регламентируют различные вопросы, касающиеся определения характеристик грунтов, поэтому для отображения результатов сдвиговых испытаний с учетом явления дилатансии необходимы специальные требования, выполнение которых позволило бы качественно и количественно оценить проявление дилатансии. Необходимость такого документа продиктована, во-первых, отсутствием в практике фундаментостроения использования методик определения параметров прочности грунтов с учетом условий стеснения деформирования; во-вторых, существенными различиями, обнаруживающимися при попытках расчета конструкций глубоких фундаментов на основе теории прочности Кулона-Мора.

Необходимость в научном изучении указанных проблем и решения комплекса связанных с ним практических задач применительно к условиям Республики Беларусь определила **актуальность** темы настоящей диссертационной работы.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Связь работы с крупными научными программами и темами

Работа связана с темами НИР. С 2000 по 2004 годы работа по теме диссертации выполнялась по заданию госбюджетной темы «Геотехнические решения проблем реконструкции и экологии в строительстве», а также с 2005 года по заданию госбюджетной темы «Геотехническое обоснование системы мер для снижения рисков и смягчения последствий техногенных процессов и чрезвычайных ситуаций в строительстве Беларуси» (регистрационный номер ГБ-75-024).

Она связана с реализацией «Программы технического нормирования и стандартизации Минстройархитектуры Республики Беларусь» по блоку 5.01 «Основания и фундаменты зданий и сооружений», одобренной Постановлением Коллегии Минстройархитектуры Республики Беларусь № 33 от 21.12.95. Работа выполнялась в рамках НИР при кафедре «Геотехника и экология в строительстве» Строительного факультета БНТУ.

### Цель и задачи исследований

Целью настоящей работы является уточнение методик определения параметров прочности несвязных грунтов при контактном сдвиге с учетом скорректированной методики для более достоверного определения несущей способности оснований фундаментных конструкций, работающих в условиях стеснения объемных деформаций. Достижение поставленной цели определяется решением следующих задач:

1. Выявление факторов, влияющих на изменение нормального давления за счет дилатантного распорного эффекта при сдвиге и мобилизованного угла внутреннего трения.
2. Выявление особенностей процесса дилатирования в несвязных грунтах.
3. Определение критической пористости несвязного грунта для нормальных и касательных напряжений.
4. Особенности устойчивости дилатирующего несвязного грунта по первой группе предельных состояний в основаниях фундаментов.

**Объектом** исследования являются несвязные грунты, которые используются в строительстве как основания фундаментов зданий и сооружений.

**Предметом** исследования является сопротивление сдвигу несвязных грунтов с учетом явления дилатансии.

## **Положения, выносимые на защиту**

1. Скорректированная методика испытаний несвязных грунтов при стеснении объемных деформаций, позволяющая определить более достоверные параметры прочности при контактном сдвиге.
2. Уточненные параметры прочности для расчетов оснований фундаментов.
3. Особенности проявления дилатансии и контракции при стеснении объемных деформаций несвязных грунтов с разными начальными физическими характеристиками в процессе сдвига.
4. Предлагаемая модель сдвига несвязного грунта на контактной поверхности для фундаментов глубокого заложения, работающих на сжимающую и выдергивающую нагрузку.
5. Влияние начальных физических характеристик несвязных грунтов на дилатантные напряжения (на основе сравнения сдвигающих напряжений, определенных с использованием различных методов испытаний).
6. Уточненные результаты расчетов несущей способности оснований и фундаментов, обеспечивающие более экономичное их проектирование и строительство.

## **Личный вклад соискателя**

Диссертационная работа и выносимые на защиту основные положения полностью основаны на личном вкладе соискателя. Постановка задачи исследований, определение путей их реализации, разработка программ и уточнение методики лабораторных экспериментов, обработка опытных данных, выявление особенностей процесса сдвига несвязных грунтов при стеснении объемных деформаций, уточнение методики испытаний несвязных грунтов с разными начальными характеристиками выполнены лично соискателем. Публикации [1–15] без соавторов, базируются на исследованиях соискателя и им лично подготовлены к печати.

## **Апробация результатов диссертации**

Результаты исследований, основные положения, выводы по работе докладывались, обсуждались и получили одобрение:

– на 6-м Международном научно-методическом семинаре «Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь» (г. Минск, БГПА, 20 октября 2000 г.);

- Международной научно-технической конференции «Современные проблемы фундаментостроения», (г. Волгоград, ВолГАСА, 27 сент. 2001 г.);
- 56-й Международной научно-технической конференции «Наука – образованию, производству, экономике» (г. Минск, БНТУ, 6 февраля 2003 г.);
- 57-й Международной научно-технической конференции «Наука – образованию, производству, экономике» (г. Минск, БНТУ 28 мая 2004 г.);
- 58-й Международной научно-технической конференции «Наука – образованию, производству, экономике» (г. Минск, БНТУ, 27 апреля 2005 г.);
- XVI Международном научно-методическом семинаре «Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь» (г. Брест, БрГТУ, 28-30 мая 2009 г.).

### **Опубликованность результатов диссертации**

По материалам диссертационных исследований опубликовано 15 работ, из них 4 статьи в рецензируемых научных журналах (всего 1,20 а. л.), 10 статей в сборниках материалов конференций, 1 тезисы докладов на научно-технической конференции профессоров, преподавателей, научных работников и аспирантов БНТУ.

### **Структура и объем диссертации**

Диссертация состоит из перечня условных обозначений, введения, общей характеристики работы, 4 глав, заключения, библиографического списка, приложений. Работа содержит 139 страниц, в том числе 60 страниц основного текста, 49 рисунков на 42 страницах, 8 таблиц на 8 страницах, 11 страниц библиографического списка (90 наименований использованных источников, включая 11 иностранных, и 15 публикаций соискателя), 20 страниц приложений.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обоснована актуальность исследуемой проблемы, далее сформулированы цель, решаемые задачи, представлены основные положения, выносимые на защиту, отражен личный вклад соискателя, изложены сведения об апробации и опубликованности результатов выполненных исследований.

В **первой главе** выполнен обзор и анализ состояния вопроса, сделаны обобщения и оценка имеющихся методик испытаний несвязных грунтов при определении сопротивляемости сдвигу. Отражены особенности имеющихся методик испытаний несвязных грунтов в лабораторных и полевых условиях.

Уделяется внимание работам М.Н. Гольдштейна, П.В. Роу, А.М. Рыжова, Д.Ю. Соболевского, О.В. Попова, Г.Н. Протасова, А.П. Кремнева, К.Э. Повколаса (оценка сопротивляемости плоскому контактному сдвигу с учетом вибраций), П.Н. Костюковича, М.А. Тузовского, в которых авторы подчеркивали роль дилатансии при определении параметров прочности несвязных грунтов. Также уделено внимание работе М.И. Никитенко, в которой подчеркивается роль дилатансии и контракции при оценке контактной сопротивляемости сдвигу на боковой поверхности буроинъекционных анкеров и свай. Даются основные понятия и определения, излагаются общие сведения о разграничении терминов, связанных с явлением дилатансии. Отражаются особенности имеющихся методик испытаний и отсутствие, несмотря на столь значительные исследования, нормативного документа, регламентирующего лабораторное определение дилатантной составляющей сопротивляемости несвязного грунта сдвигу, а также нормативного документа для учета дилатантной составляющей сдвига в расчетах несущей способности фундаментов глубокого заложения. Итогом обзора состояния вопроса является формулировка общей цели и основных направлений для собственных исследований.

**Вторая глава** посвящена подробному описанию приборов и методик для количественного описания влияния дилатансии на прочность грунтов. Дается четкое разграничение методик испытаний в которых происходит объемное стеснение в зоне сдвига, и когда такое стеснение отсутствует. Это позволяет четко разграничить традиционные и нетрадиционные методики испытаний несвязных грунтов. Традиционная методика испытаний описывается уравнением

$$\tau = \sigma \operatorname{tg} \varphi, \quad (1)$$

где  $\tau$  – касательное напряжение;  
 $\sigma$  – нормальное напряжение;  
 $\varphi$  – угол внутреннего трения.

Это уравнение известно как закон Кулона: сопротивление сыпучих грунтов сдвигу есть сопротивление внутреннего трения, прямо пропорциональное нормальному давлению. С учетом явления дилатансии традиционная методика требует специального дополнения, уточнения при определении параметров

прочности несвязного грунта. Этим дополнением является методика на определение дилатантных составляющих сдвига, дилатантных напряжений и дилатантных перемещений. В соответствии с исследованиями, проведенными по учету явления дилатансии, Д.Ю. Соболевским предложена следующая формула определения предельных сдвигающих напряжений:

$$\tau_u = \sigma_{no} \operatorname{tg}\varphi + \Delta\sigma_d \operatorname{tg}\varphi', \quad (2)$$

где  $\tau_u$  – сдвигающее напряжение;

$\sigma_{no}$  – нормальное напряжение;

$\Delta\sigma_d$  – дилатантное напряжение;

$\varphi'$  – угол контактного трения, мобилизованный при сдвиге.

Очевидно, что первая часть уравнения – это закон Кулона для сыпучих (несвязных) грунтов, а вторая – названа нами дилатантной составляющей сдвига  $\tau_d$ . Обосновывается, что дилатометрические приборы устроены так, что с их помощью можно моделировать испытания, проводимые и по традиционной методике. В этом случае нормальное давление поддерживается в ходе всего опыта постоянным и не происходит подавления дилатансии. Отражается особенность испытаний на дилатометрических приборах, позволяющих моделировать условия стеснения объемных деформаций в области разрушения, что не возможно при использовании традиционных методов испытаний грунтов на сдвиг. Подобные условия испытаний моделируют дилатометрические приборы.

Приводится методика испытаний на дилатометрическом приборе контактного сдвига (ДПКС). Прототипом этого прибора является прибор ВСВ-25. Методика испытаний на ДПКС соответствует условиям свободной и «стесненной» дилатансии. Дилатантные перемещения  $\delta_d$  вычисляются в зависимости от величины дилатантного напряжения из соотношения:

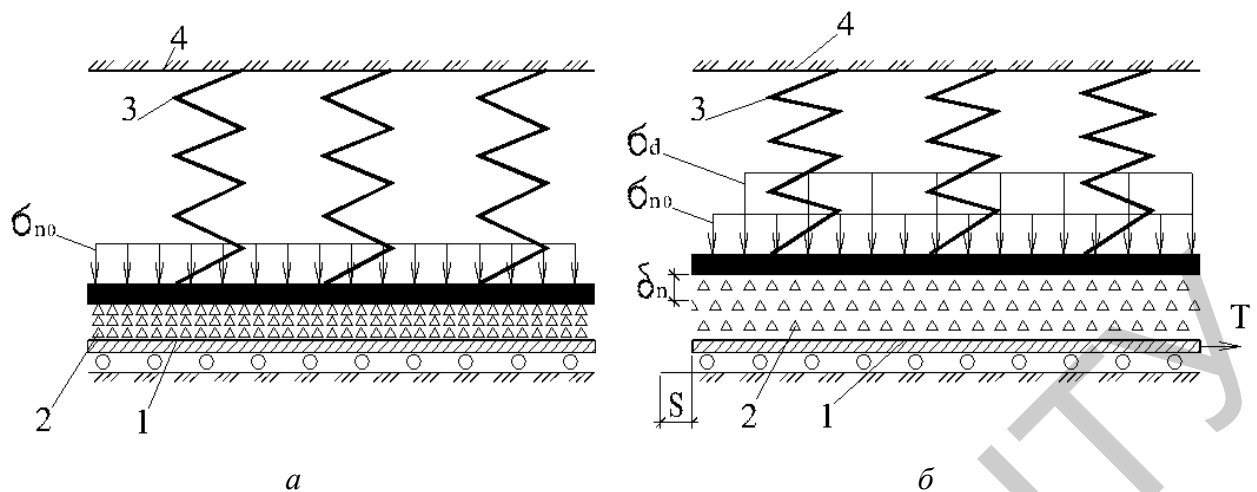
$$\delta_d = \Delta\sigma_d / K, \quad (3)$$

где  $\Delta\sigma_d$  – дилатантное напряжение;

$K$  – коэффициент упругого отпора массива грунта.

Приводится феноменологическая модель контактного сдвига несвязного грунта (рисунок 1).





*a* – начальное состояние; *б* – состояние предельного равновесия при мобилизации дилатантных напряжений: 1 – контактная поверхность; 2 – зерна несвязного грунта; 3 – пружины, моделирующие упругие свойства грунтового массива; 4 – граница распределения дополнительных напряжений, возникающих от дилатансии

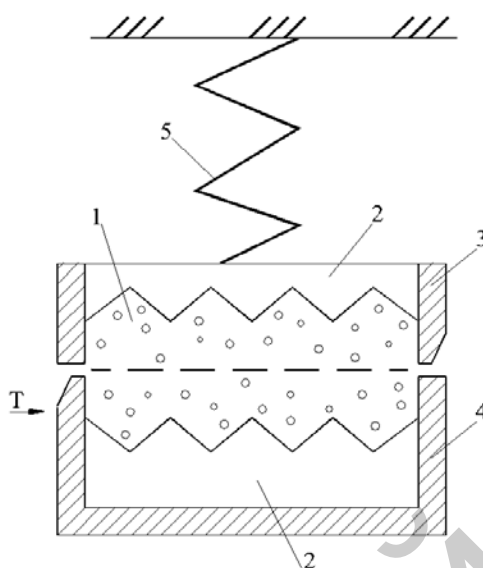
**Рисунок 1 – Феноменологическая модель контактного сдвига несвязного грунта**

Представленная феноменологическая модель моделирует деформации несвязного грунта и представляет собой механическую модель, где упругие свойства грунта моделируют пружины определенной жесткости  $K$ . Варьируя значения этой жесткости  $K$ , можно установить зависимости вида  $\varphi = f(K)$ ,  $\tau_d = f(K)$ . Так как критерием построения феноменологической модели служат наблюдения о поведении несвязного грунта (зернистой среды) в различных условиях работы, то определяющими условиями деформирования грунта являются напряженное состояние и условия его разрушения.

**Третья глава** посвящена испытаниям дилатирующих несвязных грунтов на контактный сдвиг.

Проведенные испытания несвязных грунтов позволяют расширить представление о поведении названных грунтов в разных условиях дилатирования. Уделяется внимание скорректированной методике определения параметров прочности несвязных грунтов. Приводятся результаты испытаний несвязных грунтов при выявлении влияния на прочностные характеристики грунта различных факторов: начального коэффициента пористости, крупности зерен грунта, неоднородности его состава, начального напряженного состояния (условий «стеснения»), влажности. На рисунке 2 показана предлагаемая уточненная схема плоского среза при определении параметров прочности несвязных дилатирующих грунтов сдвигу. Дается обоснование для определения дилатантных напряжений с учетом явления контракции. Уделяется внимание проявлению дилатансии при изменении жесткости грунтового массива в испытаниях

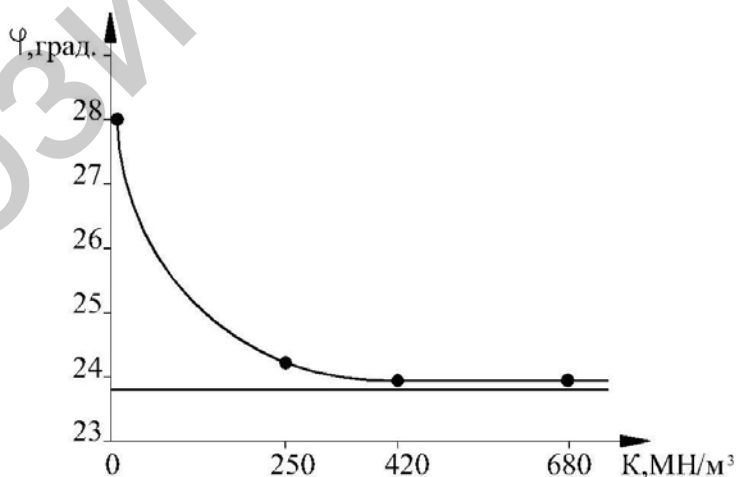
отсортированных фракций диаметром 2–5 мм, с добавлением зерен меньшей и большей крупности в различных сочетаниях, а также изменению величины угла внутреннего трения с изменением условий «стеснения» сдвига.



1 – образец грунта; 2 – фильтры; нижняя подвижная часть прибора; 3 – верхняя неподвижная часть прибора; 4 – нижняя подвижная часть прибора; 5 – упругая связь, моделирующая грунтовой массив с жесткостью  $K$

**Рисунок 2 – Уточненная схема плоского среза при определении параметров прочности несвязного грунта**

На рисунке 3 показано изменение угла контактного трения для песка крупного среднеоднородного.



**Рисунок 3 – График изменения угла контактного трения в зависимости от степени стеснения объемных деформаций при сдвиге,  $\varphi = f(K)$**

Для конкретного вида грунта межгранулярное трение величина относительно постоянная, а угол зацепления  $\varphi_g$  – величина переменная и зависит она от таких факторов как окатанность зерен грунта, форма и размеры их, начальная плотность сложения и, что немаловажно, условия работы или жесткость грунтового массива над плоскостью сдвига. Чем выше значение коэффициента упругого отпора  $K$ , чем жестче грунтовый массив, тем больше падение компоненты зацепления  $\varphi_g$ . При уменьшении компоненты зацепления происходит подавление дилатансии и, наоборот, когда дилатансия проявляется максимально – это соответствует наибольшему зацеплению зерен несвязного грунта. Увеличение коэффициента упругого отпора грунтового массива ведет к асимптотическому уменьшению угла контактного трения до некоторой величины, незначительно превышающей угол межгранулярного трения и являющейся постоянной для конкретного вида несвязного грунта. Зависимость  $\varphi = f(K)$  описывается экспонентой вида

$$\varphi = \varphi_{\mu} + \varphi_g \exp - \alpha K, \quad (4)$$

где  $\varphi_{\mu}$  – угол минерального межгранулярного трения;

$\varphi_g$  – угол зацепления;

$\alpha$  – коэффициент, учитывающий влияние крупности зерен грунта;

$K$  – коэффициент упругого отпора грунта.

Уделяется внимание графической интерпретации исследований несвязных грунтов в условиях «стесненной» дилатансии (рисунки 4–6).

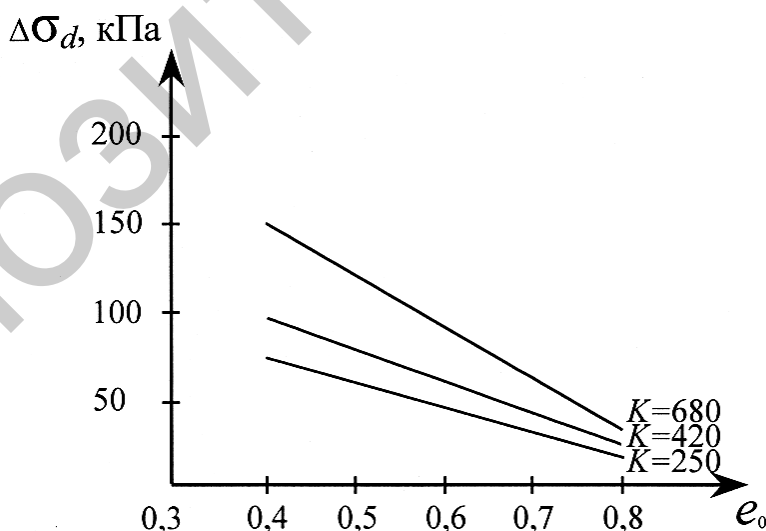


Рисунок 4 – Графики  $\Delta\sigma_d = f(e_0)$  для песка крупного повышенной неоднородности

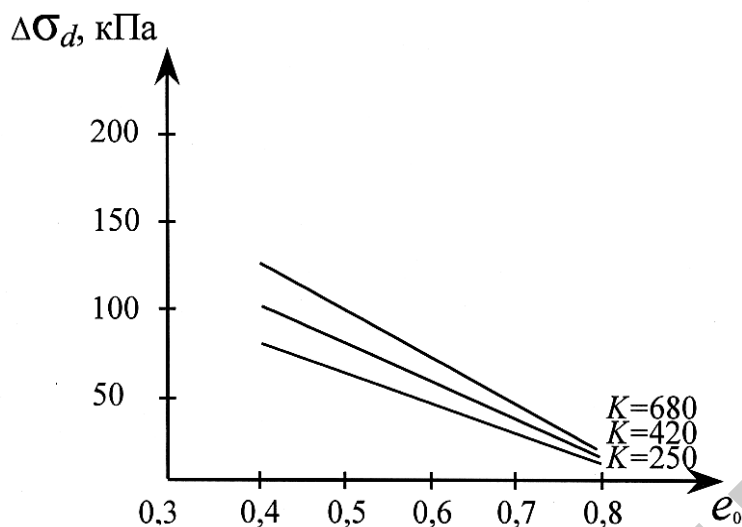


Рисунок 5 – Графики  $\Delta\sigma_d = f(e_0)$  для песка средней крупности среднеоднородного

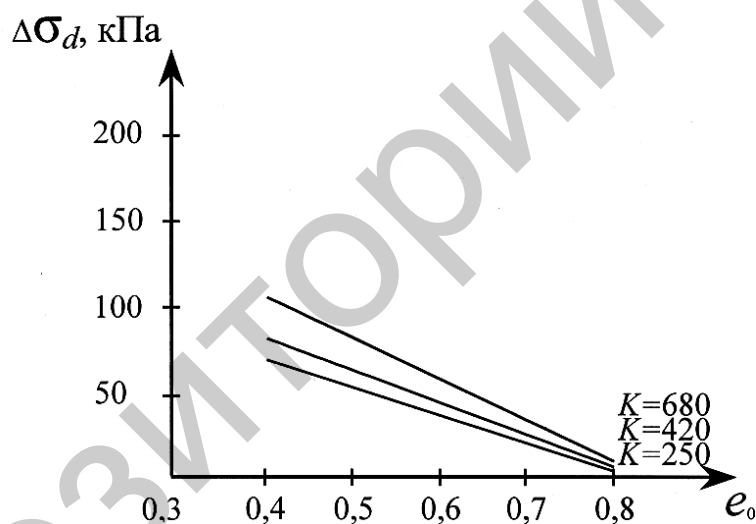


Рисунок 6 – Графики  $\Delta\sigma_d = f(e_0)$  для песка мелкого однородного

Приведены данные сравнительных испытаний несвязных грунтов на сдвиг с учетом изменения трения грунта о стенки в срезном приборе.

Приводятся графики (см. рисунки 4–6) для количественной оценки дилатантных напряжений при сдвиге, полученные для песков крупного, среднего и мелкого для различных значений коэффициента упругого отпора  $K$ . Отмечается, что определяющим фактором конечных значений сдвигающих напряжений служит состояние грунта, характеризуемое плотностью его

упаковки или начальным коэффициентом пористости  $e_0$ . Приводится пример расчета несущей способности сваи, заземленной в грунте, с учетом скорректированного значения расчетного сопротивления на боковой поверхности (с учетом дилатансии).

На основании проведенных автором исследований по учету дилатантных напряжений, *впервые* предлагаются таблицы для определения скорректированного (с учетом дилатансии) значения расчетного сопротивления песчаных грунтов на боковой поверхности забивных свай и свай-оболочек. В отличие от таблицы 6.1 нормативного документа П4 – 2000 к СНБ 5.01.01-99, где приведены расчетные сопротивления для песчаных грунтов только средней плотности, автором в приложении Б предлагаются таблицы Б.1 – Б.5 для случаев, когда начальный коэффициент пористости  $e$  составляет 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8.

**Четвертая глава** посвящается непосредственно области применения предлагаемой скорректированной методики испытаний дилатирующих грунтов на контактный сдвиг для определения параметров прочности несвязного грунта. Излагаются общие положения методики испытаний на dilatометрическом приборе контактного сдвига, условия моделирования грунтового массива, расположенного над плоскостью сдвига, оговариваются условия проведения испытаний в условиях «стесненной» дилатансии.

Оговаривается порядок проведения испытаний, приводится соответствующая таблица для оформления результатов испытаний. Также для предлагаемой автором скорректированной методики оформлено Обоснование необходимости включения в план стандартизации Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь на 2012 год СТБ под названием «Метод определения параметров прочности несвязных грунтов при контактном сдвиге». Обоснование приведено в приложении. Для условий, соответствующих традиционным испытаниям несвязных грунтов на сдвиг, предусматривается соответствующая методика испытаний без «стеснения» объемных деформаций. Определение параметров прочности несвязных грунтов допускается с использованием стандартных сдвиговых приборов при условии дооборудования их приспособлениями, позволяющими фиксировать изменение нормального давления в ходе всего испытания. Эффективность предлагаемой скорректированной методики подтверждается данными определений несущей способности буронабивных свай для реальных объектов различными способами: полевыми испытаниями вдавливающей статической нагрузкой, теоретическими расчетами и расчетами с учетом дилатансии.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

### Основные научные результаты диссертации

1. Обобщение результатов проведенных ранее исследований и выполненные собственные выявили факторы, влияющие на изменение нормального давления при сдвиге, а также мобилизованный угол внутреннего трения. Такими факторами являются начальная плотность сложения несвязного грунта, его гранулометрический состав и неоднородность, и, как следствие, реакция окружающего массива на соответствующие объемные деформации [12].

2. Мобилизованный при сдвиге угол внутреннего (контактного) трения зависит от реализации зацепления [15], что непосредственно связано с формой зерен несвязного грунта.

3. Доказано, что критическая пористость несвязного грунта находится в зависимости от коэффициента упругого отпора  $K$  и начального напряженного состояния грунта [3]. При этом существует начальное давление  $\sigma_{no}$ , при котором дилатирующий грунт сохраняет один и тот же объем до и после сдвига.

4. С учетом выявленных особенностей поведения дилатирующих грунтов для различных видов несвязных грунтов получены корреляционные зависимости между их начальным коэффициентом пористости и дилатантными напряжениями при сдвиге [2, 4, 14]. Построена модель контактного сдвига [9, 12] применительно к фундаментам глубокого заложения, учитывающая связь деформационных характеристик грунтового массива в контактной зоне и дилатантные перемещения при сдвиге.

5. Впервые разработана скорректированная методика определения параметров прочности несвязных дилатирующих грунтов при контактном сдвиге применительно к расчетам оснований фундаментов по первой группе предельных состояний. Эта методика позволяет уточнить значения  $\varphi$ ,  $\text{tg}\varphi$  [7, 8] и тем самым обеспечить получение достоверных значений несущей способности оснований фундаментов [3, 4]. Интерпретация лабораторных испытаний предлагаемой методики [5, 6, 13] базируется на уточнении условий прочности Кулона-Мора [1, 10, 11], с учетом влияния дилатансии. Впервые предлагается дополнить схему плоского среза упругой связью, моделирующей процесс деформирования основания.

6. С целью максимальной мобилизации фактора «стесненной» дилатансии как ресурса прочности несвязного грунта предложено уточнить технологию устройства фундаментов глубокого заложения. Положительный материальный экономический эффект использования скорректированной методики определе-

ния параметров прочности несвязных грунтов [4, 14] при контактном сдвиге выражается в повышении экономической эффективности расчетов порядка 25% от применения наиболее рациональных конструкций фундаментов.

### **Рекомендации по практическому использованию результатов**

Результаты выполненных автором диссертации исследований отражены в определении скорректированного значения расчетного сопротивления на боковой поверхности забивных свай и свай-оболочек с учетом дилатансии для массива песчаного грунта при определенном значении начального коэффициента пористости  $e_0$ . Практическое применение разработанной методики по определению параметров прочности несвязных грунтов при контактном сдвиге выразится в совершенствовании расчета несущей способности оснований фундаментов при вычислении значений контактного и лобового сопротивления свай (на основе уточненных значений параметров прочности). Эту скорректированную методику следует включить в разработку соответствующих нормативных документов на базе предложенного обоснования СТБ «Метод определения параметров прочности несвязных грунтов при контактном сдвиге», а также использовать при изучении дисциплин «Механика грунтов, основания и фундаменты» студентами строительных специальностей в ходе лабораторных и практических занятий. Для повышения эффективности фундаментов глубокого заложения следует применять те их технологии, которые позволяют максимально мобилизовать фактор «стесненной» дилатансии.

### **СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ**

#### **Статьи в журналах в соответствии со списком и перечнем ВАК**

1. Уласик, Т.М. Графическое отображение лабораторных опытов в условиях «свободной» и «стесненной» дилатансии / Т.М. Уласик // Будаўніцтва – Строительство – Konstruktion. – 2002. – № 1-2. – С. 123–127.
2. Уласик, Т.М. Использование стандартных приборов для испытания грунтов в условиях «стесненной» дилатансии / Т.М. Уласик // Будаўніцтва – Строительство – Konstruktion. – 2003. – № 1-2. – С. 74–79.
3. Уласик, Т.М. Модель контактного сдвига в прочностных испытаниях грунтов / Т.М. Уласик // Вестник Брест. гос. техн. ун-та. Строительство и архитектура. – 2004. – С. 238–242.

4. Уласик, Т.М. Несущая способность свайных фундаментов с учетом скорректированного значения расчетного сопротивления на боковой поверхности / Т.М. Уласик // Вестник Полоцкого гос. ун-та. Строительство. Прикладные науки. – 2010. – № 12. – С. 82–86.

### **Статьи в межвузовских сборниках**

5. Уласик, Т.М. Методика определения уточненных прочностных характеристик, используемых при расчете оснований зданий и сооружений / Т.М. Уласик // Расчет и проектирование оснований и фундаментов в сложных инженерно-геологических условиях : межвуз. сб. научн. тр. / Воронеж. гос. арх.-стр. ун-т ; под ред. В.М. Алексеева. – Воронеж, 2002. – С. 83–85.

6. Уласик, Т.М. Графическое отображение лабораторных испытаний дилатирующих грунтов / Т.М. Уласик // Основания и фундаменты: теория и практика : межвуз. тематич. сб. тр. / С.-Петерб. ГАСУ ; под ред. Р.А. Мангушева. – СПб, 2004. – С. 110–113.

### **Материалы конференций**

7. Уласик, Т.М. Прочностные характеристики неоднородного песчаного грунта / Т.М. Уласик // Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь : матер. VI Междунар. научно-метод. семинара, Минск, 17-20 окт. 2000 г. / БГПА ; редкол.: Н.П. Блещик [и др.]. – Минск, 2000. – С. 470 – 473.

8. Уласик, Т.М. Прочностные испытания однородного и среднеоднородного песчаных грунтов в дилатометрическом приборе контактного сдвига / Т.М. Уласик // Геотехника: наука и практика : сб. научн. трудов Междунар. конф. по проблемам механики грунтов, Санкт-Петербург, 1-3 фев. 2001 г. / С.-Петерб. ГАСУ ; редкол.: С.Н. Сотников [и др.]. – СПб, 2000. – С. 125–130.

9. Уласик, Т.М. Испытания среднеоднородного песка и искусственной смеси на его основе в условиях стесненной дилатансии / Т.М. Уласик // Зб. наукових праць 4-та українська наук.-техніч. конф. : в 2 кн. / Гос. науч.-иссл. ин-т стр. констр. – Киев, 2000. – Вып. 53 : Будівельні конструкції. – Кн. 1. – С. 252–255.

10. Уласик, Т.М. Испытания дилатирующих грунтов на серийном приборе / Т.М. Уласик // Современные проблемы фундаментостроения : сб. трудов Междунар. научн.-технич. конф., Волгоград, 20-22 сентября 2001 г. /



Волгогр. гос. арх.-стр. академ. ; редкол.: А.Н. Богомолов [и др.]. – Волгоград, 2001. – Ч. 3, 4 – С. 88–89.

11. Уласик, Т.М. Дополнение существующих методик испытаний несвязных грунтов при определении параметров прочности с учетом дилатансии / Т.М. Уласик // Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь : сб. науч. трудов Междунар. научн.-метод. межвуз. семинара, Могилев, 16-18 ноября 2005 г. / ГУ ВПО «Белорусско-российский университет» ; редкол.: И.С. Сазонов [и др.]. – Могилев, 2005. – С. 471–473.

12. Уласик, Т.М. Методика определения дилатантных напряжений при сдвиге песчаных грунтов / Т.М. Уласик // Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь : сб. статей XIV Междунар. научн.-практич. семинара, Минск, 22-23 июня 2006 г. / БНТУ ; редкол.: Т.М. Пецольд [и др.]. – Минск, 2006. – Т. 2. – С. 272–278.

13. Уласик, Т.М. Прочностные испытания грунтов на основе модели контактного сдвига / Т.М. Уласик // Геотехника Беларуси : наука и практика : сб. статей Междунар. научн.-технич. конф., Минск, 20-22 окт. 2008 г. / БНТУ ; редкол.: М.И. Никитенко [и др.]. – Минск, 2008. – С. 174–182.

14. Уласик, Т.М. Особенности проявления дилатансии в прочностных испытаниях несвязных грунтов / Т.М. Уласик // Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь : сборник науч. трудов XVI Междунар. научн.-методич. межвуз. семинара, Брест, 28-30 мая 2009 г.: в 2 ч. / Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: А.А. Борисевич [и др.]. – Брест, 2009. – Ч. 2. – С. 244–248.

#### **Тезисы докладов**

15. Уласик, Т.М. Влияние дилатансии на величину угла внутреннего трения / Т.М. Уласик // Наука – образованию, производству, экономике : рефераты докладов 56-й науч.-технич. конф. професс., преп., науч. работ. и асп. БНТУ, Минск, 4-7 фев. 2003 г. / БНТУ; редкол.: Б.М. Хрусталеv [и др.]. – Минск, 2003. – Т. 2. – С. 5.

## РЭЗІЮМЭ

УЛАСІК Тамара Міхайлаўна

### АСАБЛІВАСЦІ ВЫЯЎЛЕННЯ ДЫЛАТАНСІІ ПРЫ ВЫЗНАЧЭННІ СУПРАЦІЎЛЯЛЬНАСЦІ ПЯСЧАНЫХ ГРУНТОЎ ЗРУШЭННЯМ

**Ключавыя словы:** пясчаны грунт, параметры трываласці, супраціўляльнасць зрушэнням, дылатансія, кантракцыя, «абмежаванае» зрушэнне, дылатантнае напружанне, дылатантнае перамяшчэнне, каэфіцыент пружкага адпору, ділатаметрычны прыбор, фенаменалагічная мадэль.

**Аб'ект даследавання:** грунты, якія выкарыстоўваюцца ў будаўніцтве як падстава фундаментаў будынкаў і збудаванняў.

**Прадмет даследавання:** паводзіны пясчаных грунтоў пры зрушэнні з улікам з'яўлення дылатансіі.

**Мэта работы:** удакладненне метадык вызначэння параметраў трываласці пясчаных грунтоў пры кантактным зрушэнні для дакладнага вызначэння нясучай здольнасці фундаментных канструкцый, якія працуюць ва ўмовах «абмежаваных» аб'ёмных дэфармацый.

**Метады даследавання і апаратура:** лабараторныя і палявыя даследаванні, зрушальныя прылады, прылады кантактнага зрушэння, індикатары гадзіннікавага тыпу.

**Атрыманыя вынікі, іх навізна і ступень выкарыстання.** «Скарэктіраваная метадыка вызначэння параметраў трываласці пясчаных грунтоў пры кантактным зрушэнні» дазваляе ўдакладніць значэнні  $\phi$ ,  $\text{tg}\phi$ , якія забяспечаць дакладныя значэнні нясучай здольнасці фундаментаў. Распрацаваная метадыка дазваляе ўдакладніць тэхналогію фундаментаў глыбокага залажэння з мэтай максімальнай мабілізацыі фактару «абмежаванай» дылатансіі як рэсурсу трываласці пясчанага грунту. Прапанаваная метадыка не прэтэндуе на абвяржэнне тэорыі трываласці Кулона-Мора і не адмяняе існуючых метадаў вызначэння трываласці, а толькі грунтоўна дапаўняе іх у прымяненні да ўмоў разлікаў фундаментнаў пры «абмежаванай» дылатансіі. Станоўчы матэрыяльны эканамічны эффект вызначаецца за кошт дакладнага прызначэння тэхналогій фундаментаў глыбокага залажэння.

Станоўчы матэрыяльны эффект ад выкарыстання скарэктіраванага метада вызначэння параметраў трываласці пясчаных грунтоў пры кантактным зрушэнні будзе выяўляцца ў павышэнні эканамічных паказчыкаў метадаў разліку і ва ўжыванні найбольш рацыянальных канструкцый фундаментнаў.

## РЕЗЮМЕ

УЛАСИК Тамара Михайловна

### ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ДИЛАТАНСИИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ СОПРОТИВЛЯЕМОСТИ НЕСВЯЗНЫХ ГРУНТОВ СДВИГУ

**Ключевые слова:** несвязный грунт, параметры прочности, сопротивляемость сдвигу, дилатансия, контракция, «стесненный» сдвиг, дилатантное напряжение, дилатантное перемещение, коэффициент упругого отпора, дилатометрический прибор, феноменологическая модель.

**Объект исследования:** грунты, которые используются в строительстве как основания фундаментов зданий и сооружений.

**Предмет исследования:** поведение несвязных грунтов при сдвиге с учетом явления дилатансии.

**Цель работы:** уточнение методики определения параметров прочности несвязных грунтов при контактном сдвиге для достоверного определения несущей способности оснований фундаментных конструкций, работающих в условиях стеснения объемных деформаций.

**Методы исследования и аппаратура:** лабораторные и полевые опыты, сдвиговые приборы, прибор контактного сдвига, индикаторы часового типа.

**Полученные результаты и степень использования.** «Скорректированная методика определения параметров прочности несвязных грунтов при контактном сдвиге» позволяет уточнить значения  $\varphi$ ,  $\text{tg}\varphi$ , которые обеспечат достоверные значения несущей способности оснований фундаментов. Разработанная методика позволяет уточнить технологию устройства фундаментов глубокого заложения с целью максимальной мобилизации фактора «стесненной» дилатансии как ресурса прочности несвязного грунта. Предлагаемая методика не претендует на опровержение теории прочности Кулона-Мора и не отменяет существующих методов определения прочности, а лишь существенно дополняет их применительно к условиям расчета оснований фундаментов при «стеснении» дилатансии. Для повышения эффективности фундаментов глубокого заложения следует применять те их технологии, которые позволяют максимально мобилизовать фактор «стесненной» дилатансии. Положительный материальный эффект от использования методики определения параметров прочности несвязных грунтов при контактном сдвиге будет выражаться в повышении экономических показателей методов расчета и применении наиболее рациональных конструкций фундаментов.

## SUMMARY

**ULASIK Tamara Mikhailovna**

### FEATURES OF DISPLAY DILATANCY AT DEFINITION OF RESISTIBILITY INCONSISTENT THE SANDY SOILS TO SHEAR

**Keywords:** an inconsistent ground, durability parameters, resistibility to shear, dilatancy, the counteraction, the "constrained" shear, dilatancy pressure, dilatancy moving, factor of elastic repulse, the device dilatancing, phenomenological model.

**Objective of the research:** the sandy soils which are used in building as the bases of the bases of buildings and constructions.

**Object of research:** behaviors inconsistent grounds at shear taking into account the phenomenon dilatancy.

**The work purpose:** specification of a technique of definition of parameters of durability inconsistent sandy soils at contact shear for authentic definition of bearing ability of the bases of the base designs working in the conditions of constraint of volume deformations.

**Method of the research and apparatus:** laboratory and field experiences, shift devices, the device of contact shear, dial indicators.

**Results of the research their novelty and order of utilization.** «The method of definition of parameters of durability inconsistent grounds at contact shear» allows specifying values  $\varphi$ ,  $\text{tg } \varphi$  which will provide authentic values of bearing ability of the bases of the bases. The developed Technique allows specifying technology of the device of the bases deep for the purpose of the maximum mobilization of the factor «constrained» dilatancy as resource of durability of an inconsistent ground. The offered Technique does not apply for a refutation of the theory of durability Kulon-Mora and does not cancel existing methods of definition of durability, and only essentially supplements them with reference to conditions of calculation of the bases of the bases at "constraint" dilatancy. The clear understanding of the physical processes underlying transfer of loadings on the basis and processes of mobilization of durability of an inconsistent ground, defines positive economic benefit for the account of true appointment of technologies of the device of the bases deep dipping. The positive material effect from use of the Method of definition of parameters of durability inconsistent the sandy soils at contact shear will be expressed in increase of economic indicators of methods of calculation and application of the most rational designs of the bases.

Научное издание

Уласик Тамара Михайловна

ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ДИЛАТАНСИИ  
ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ СОПРОТИВЛЯЕМОСТИ  
НЕСВЯЗНЫХ ГРУНТОВ СДВИГУ

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук  
по специальности 05.23.02 – Основания и фундаменты, подземные  
сооружения

---

Подписано в печать 29.11.2011.

Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 1,10 Уч.-изд. л. 0,86. Тираж 60. Заказ 1281.

---

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский национальный технический университет.

ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.

Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.