

На правах рукописи

КЛЕВЕКО ВЛАДИМИР ИВАНОВИЧ

ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ
АРМИРОВАННЫХ ОСНОВАНИЙ В ПЫЛЕВАТО-ГЛИНИСТЫХ
ГРУНТАХ

Специальность 05.23.02 – Основания, фундаменты и подземные сооружения

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Уфа 2002

Работа выполнена в Пермском государственном техническом университете.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор
Пономарев Андрей Будимирович

Официальные оппоненты – доктор технических наук, с.н.с.
Готман Альфред Леонидович
кандидат технических наук, с.н.с.
Нуждин Леонид Викторович

Ведущая организация – ООО Трест "Оргтехстрой" (г. Пермь)

Защита состоится 14 ноября 2002 г. в 15-00 на заседании диссертационного совета Д 212.289.02 в Уфимском государственном нефтяном техническом университете по адресу: 450062, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета.

Автореферат разослан " ____ " сентября 2002 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор технических наук

О.Л. Денисов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Затраты на возведение фундаментов зданий и сооружений могут составлять до 35% от общей стоимости строительства. Уменьшение затрат на устройство фундаментов является весьма актуальной проблемой, особенно при строительстве на переувлажненных пылевато-глинистых грунтах. Улучшение свойств таких грунтов позволило бы значительно снизить стоимость возведения фундаментов.

Одним из способов улучшения прочностных и деформативных свойств оснований является применение армированного грунта, представляющего собой комбинацию грунта и арматуры. Введение армирующих элементов позволяет значительно улучшить прочностные и деформативные характеристики грунтов, а следовательно, снизить затраты на возведение фундаментов. Большинство экспериментальных и теоретических исследований армированных грунтов проводилось в песках, работа же армированных оснований (АО) в пылевато-глинистых грунтах изучена еще недостаточно. Поэтому для использования в строительной практике конструкций оснований из армированного грунта необходимо было провести анализ их напряженно-деформированного состояния (НДС) и разработать инженерный метод расчета данных конструкций.

Целью диссертационной работы является оценка НДС и разработка метода расчета грунтовых оснований в пылевато-глинистых грунтах, армированных горизонтальными прослойками из синтетических материалов.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие основные задачи:

1. Определить область рационального применения АО в пылевато-глинистых грунтах.
2. Разработать оптимальные конструкции АО.
3. Выполнить комплексные исследования НДС активной зоны АО.
4. Разработать инженерный метод определения осадок АО.

Научная новизна работы состоит в следующем:

- на основании комплексных экспериментально-теоретических исследований предложены оптимальные конструкции АО для фундаментов мало-

нагруженных сооружений в пылевато-глинистых грунтах и выявлена рациональная область применения армированных грунтов;

- выявлены основные закономерности НДС АО и на их основе разработан инженерный метод расчета АО с однослойным армированием.

Практическое значение работы состоит в разработке метода расчета, позволяющего определить расчетное сопротивление АО и осадку фундамента с учетом прочностных и деформационных свойств грунта и армирующих прослоек. Разработанные конструкции АО обеспечивают снижение стоимости и материалоемкости строительства. Результаты исследований были внедрены на нескольких объектах в г. Перми и Пермской области.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы докладывались на Российской конференции по механике грунтов и фундаментостроению. Санкт-Петербург, 1995 г.; VI Международной конференции по проблемам свайного фундаментостроения. Москва, 1998 г.; I European geosynthetics conference Eurogeo 1. Maastricht. Netherlands, 1996; XII European conference on soil mechanics and geotechnical engineering. Amsterdam. Netherlands, 1999; Международном семинаре по механике грунтов, фундаментостроению и транспортным сооружениям. Пермь, 2000 г.; V Международной научно-технической конференции "Строительство, архитектура, коммунальное хозяйство – 2001". Уфа, 2001 г.

Личный вклад в решение проблемы. Представленная работа базируется на результатах многолетних исследований, проведенных при непосредственном участии автора. Обзор и анализ современного состояния исследования проблемы АО, экспериментальные и теоретические исследования, анализ полученных результатов и разработка метода расчета осуществлены автором.

На защиту выносятся:

1. Результаты комплексных экспериментально-теоретических исследований НДС активной зоны оснований в пылевато-глинистых грунтах с однорядным армированием горизонтальной прослойкой.

2. Метод расчета оснований в пылевато-глинистых грунтах с однорядным армированием горизонтальной прослойкой.

Публикации. По материалам исследований опубликовано 30 работ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, общих выводов, списка литературы. Она содержит 152 страницы машинописного текста, 44 рисунка, 19 таблиц, список литературы из 162 наименований, в том числе 62 на иностранном языке.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы, формулируются цель, задачи и дается краткий обзор содержания диссертации.

В первой главе дан обзор и анализ существующих в отечественной практике и за рубежом видов конструкций оснований из армированного грунта, их экспериментально-теоретических исследований и существующих методов расчета.

Исследованиям АО посвящены работы В.Ф. Барвашова, А.А. Бартоломея, Н.В. Брантмана, В.Д. Казарновского, Л.В. Нуждина, А.Г. Полуновского, А.Б. Пономарева, Н.Н. Русака, Л.М. Тимофеевой, В.Б. Товбич, А.А. Цернанта, D. Adam, D. Alexiev, J. Binquet, H. Brandl, J.P. Giroud, C.J.F.P. Jones, K.L. Lee, R.M. Koerner, M.R. Madhav, H.B. Poorooshab, P.R. Rankilor, G.V. Rao, F.Schlosser, S.K. Shukla, J. Sobolewski, H.Vidal, A. Zhao и других ученых.

В работе проанализированы экспериментальные и теоретические исследования АО, проведенные отечественными и зарубежными учеными. Исследования конструкций из армированного грунта и опыт их применения показали ряд преимуществ их по сравнению с традиционными конструкциями: возможность использования местного грунта в качестве основного строительного материала; невысокая стоимость при быстроте и простоте возведения. В настоящее время уже накоплен большой опыт по применению АО, который выявил высокую эффективность использования таких конструкций. Использование синтетических армирующих материалов позволяет увеличить несущую способность оснований и снизить осадки фундаментов.

Закономерности взаимодействия армирующих прослоек в пылеватоглинистых грунтах изучены недостаточно, поэтому необходимо было выполнить комплексные исследования НДС активной зоны АО.

Во второй главе приведена методика и результаты экспериментальных

исследований АО с геотекстильными прослойками. На основе этих экспериментов выявлена оптимальная область применения АО в пылевато-глинистых грунтах и их НДС.

Экспериментальные исследования проводились в два этапа. Первый этап включал в себя проведение маломасштабных модельных штамповых испытаний различных конструкций АО в лабораторных условиях. Второй этап представлял собой штамповые испытания АО в естественных грунтовых условиях и дал количественные показатели работы АО.

На первом этапе экспериментальных работ осуществлялись испытания маломасштабных моделей различных конструкций АО на действие вертикальной нагрузки в суглинке при показателе текучести I_L от 0,2 до 0,8 с трехкратной повторяемостью. Исследования проводились для двух видов армирования: одно- и двухслойного. В качестве арматуры применялись 2 разных вида геотекстильных материалов: нетканый синтетический материал (НСМ), имеющий прочность на растяжение 15,0-16,0 кН/м, линейный модуль деформации 25-28 кН/м, и стеклоткань, имеющая прочность на растяжение 45 кН/м, линейный модуль деформации 2100 кН/м. В качестве модели фундамента использовался жесткий круглый металлический штамп диаметром 64 мм. Армирующий материал закладывался в грунт при однослойном армировании на глубине $0,3d$ (d – диаметр штампа), а при двухслойном на глубине $0,3$ и $0,5d$ и представлял собой круг диаметром $3d$.

Одной из задач экспериментальных исследований с моделями АО являлось установление закономерности развития осадки от нагрузки для различных конструкций и армирующих материалов, а также сравнение их несущей способности с неармированным грунтом. Для оценки несущей способности АО был введен коэффициент влияния армирования $K_{арм}$, равный отношению несущей способности АО к несущей способности неармированного. Для иллюстрации был построен график зависимости коэффициента влияния армирования $K_{арм}$ от показателя текучести грунта, приведенный на рис.1.

Для сравнения эффективности однослойного и двухслойного армирования была определена характеристика удельной несущей способности АО, равная отношению несущей способности армированного основания к площа-

ди армирующей прослойки. На рис.2 показан график зависимости удельной несущей способности от показателя текучести.

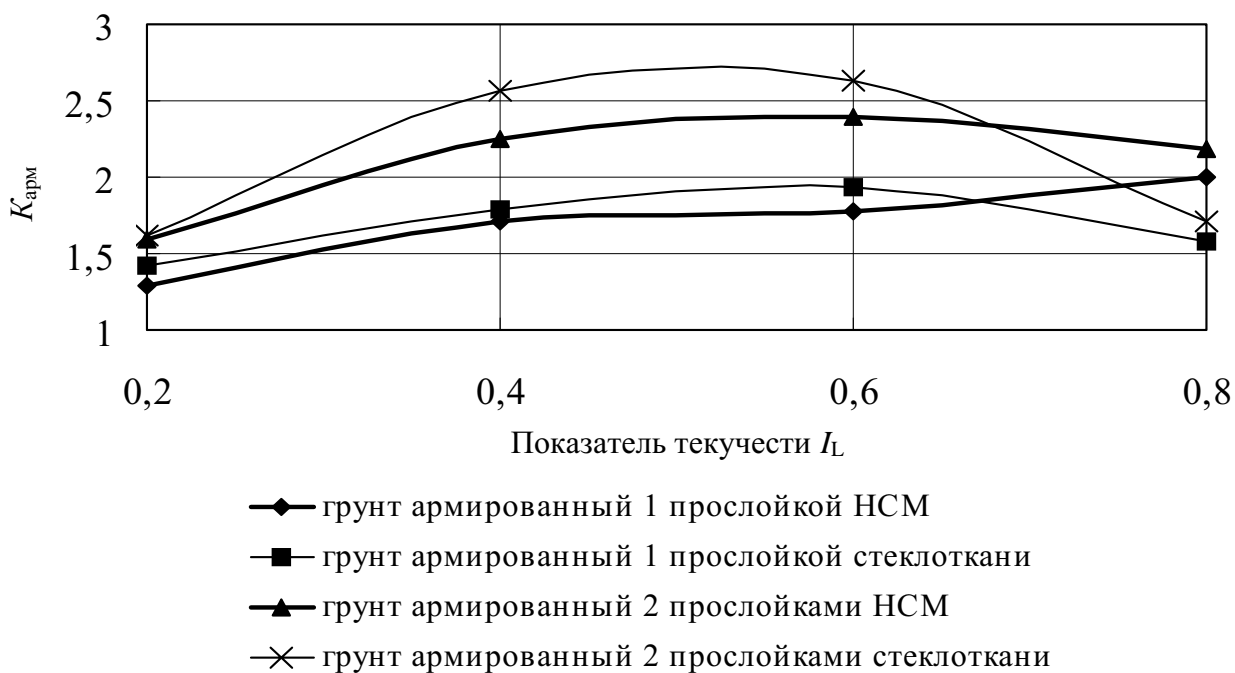


Рис. 1. Зависимость коэффициента $K_{арм}$ от показателя текучести грунта

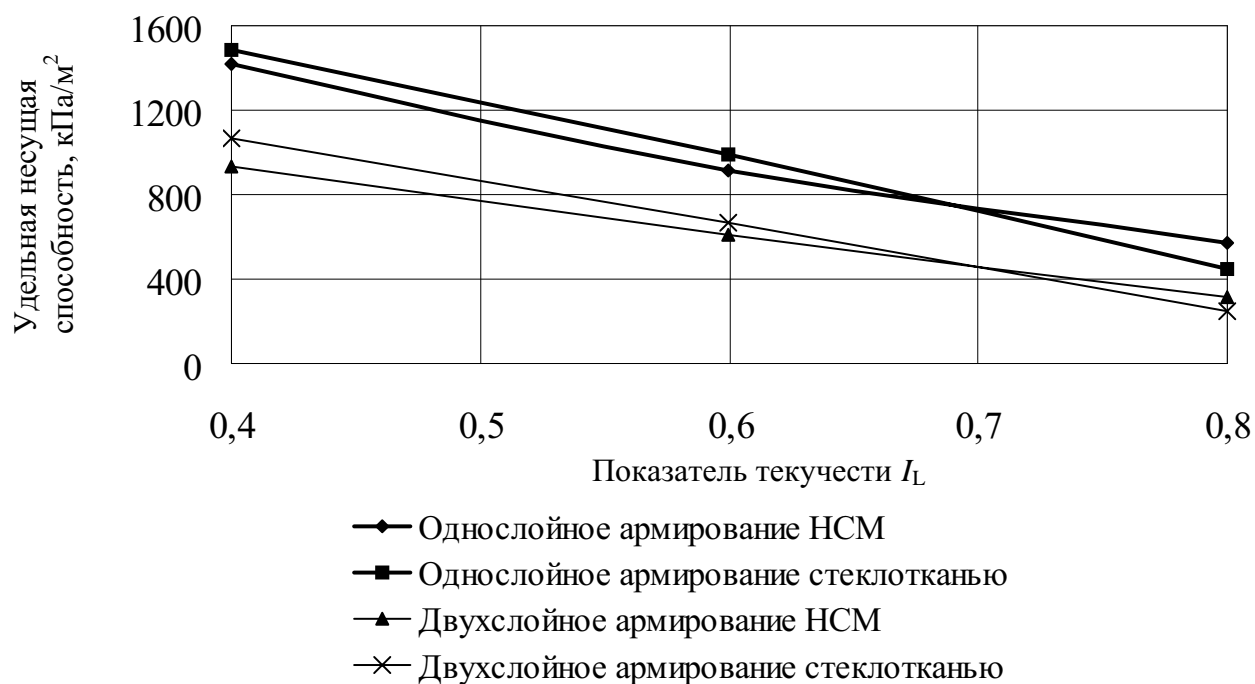


Рис. 2. Зависимость удельной несущей способности основания от показателя текучести грунта

Анализ результатов, полученных после проведенных исследований, позволяет сделать следующие выводы:

1. Армирование основания в зависимости от консистенции приводит к

повышению несущей способности в 2 раза и более по сравнению с несущей способностью неармированного основания в аналогичных условиях.

2. Наиболее эффективное применение армирования достигается в грунтах тугопластичной и мягкопластичной консистенции (I_L от 0,4 до 0,6).

3. Удельная несущая способность однослойных АО выше в среднем в 1,6 раза по сравнению с двухслойными, поэтому более эффективно использование однослойного армирования.

4. В исследованном диапазоне влажностей грунта более эффективно использование армирующих материалов с высокими прочностными и деформативными характеристиками.

Для проверки результатов модельных исследований и определения НДС АО были проведены натурные штамповые исследования. При проведении испытаний использовался жесткий круглый штамп диаметром 600 мм. В качестве армирующего материала применялась стеклоткань размером $3d$, располагающаяся на глубине $0,25d$ (d – диаметр штампа). Испытания проводились для армированного и неармированного основания в глине мягкопластичной консистенции.

Для изучения НДС активной зоны АО замерялись нормальные напряжения с помощью датчиков давления (мессдоз) и вертикальные перемещения с помощью грунтовых марок. По результатам испытаний получены графики зависимости осадки штампа от нагрузки и значения вертикальных напряжений и перемещений.

На рис.3 приведены графики зависимости осадки штампа от нагрузки для армированного и неармированного оснований. Из графиков "осадка-нагрузка" видно, что расхождения в экспериментальных и расчетных перемещениях для обоих видов оснований незначительны.

При замере величины нормальных вертикальных напряжений в активной зоне оснований исследовалась область на ширине, равной d , от оси штампа по горизонтали и на глубине до $1,75d$. Анализ полученных эпюр напряжений показывает значительное различие в поведении армированных и неармированных оснований. На рис. 4 приведены значения вертикальных напряжений при нагрузке 125 кПа. На глубине $0,25d$ непосредственно под

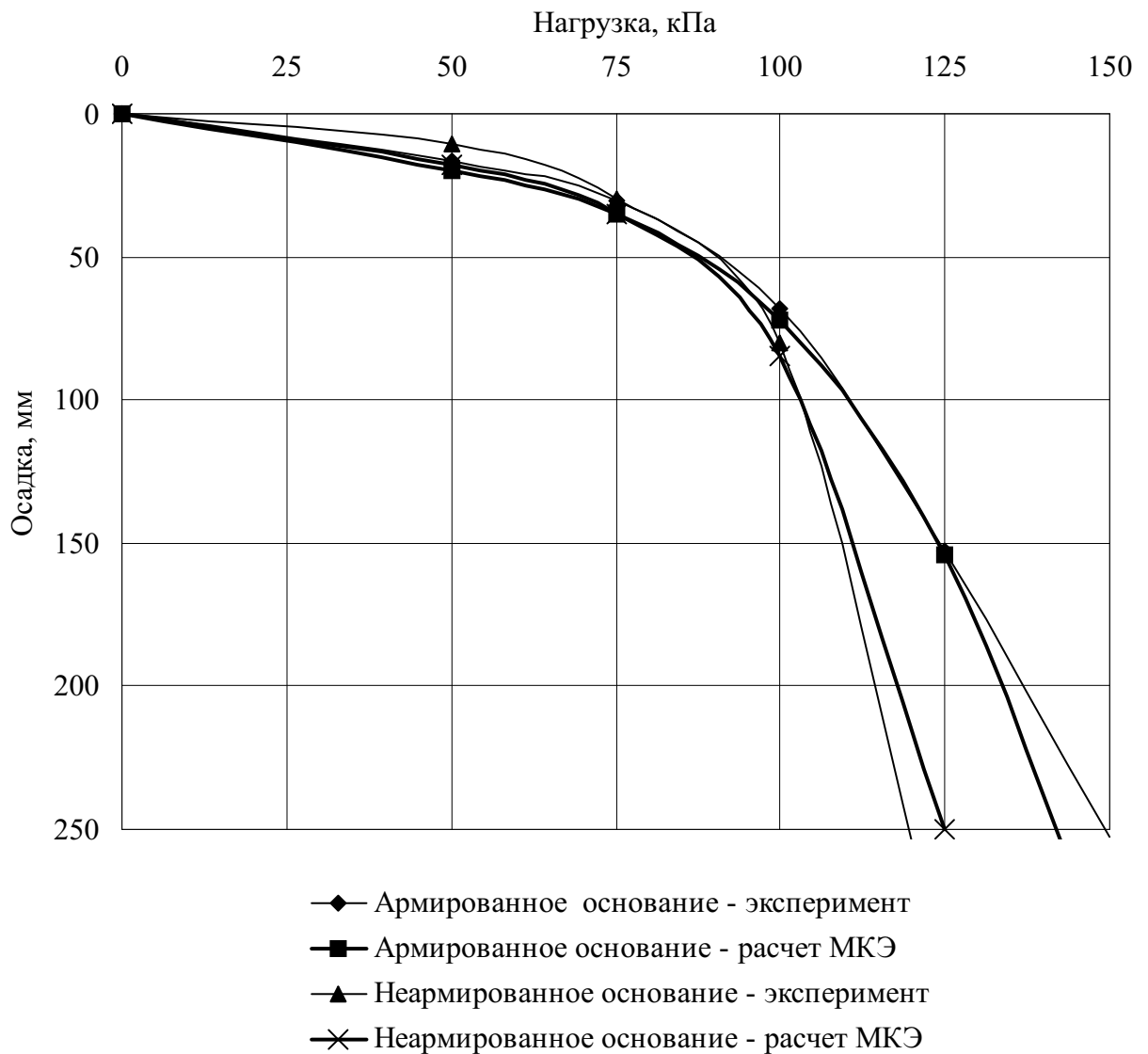


Рис.3. Сравнение результатов натурального и численного экспериментов

армирующей прослойкой (рис.4,а) эпюра вертикальных напряжений имеет седлообразный вид и величина напряжений в АО значительно меньше, чем в неармированном. Расчетные значения вертикальных напряжений непосредственно над армирующей прослойкой значительно больше, чем под ней. На глубине $0,75d$ и ниже эпюры вертикальных напряжений трансформируются в выпуклую форму (рис.4,б), а интенсивность напряжений в АО остается несколько меньше, чем в неармированном. На глубине $1,25d$ (рис.4,в) интенсивность и характер распределения напряжений для армированного и неармированного оснований практически совпадают. Анализ характера и величины распределения напряжений и деформаций на глубине $1,75d$ показал, что их значения для армированного и неармированного оснований практически совпадают и поэтому не приведены.

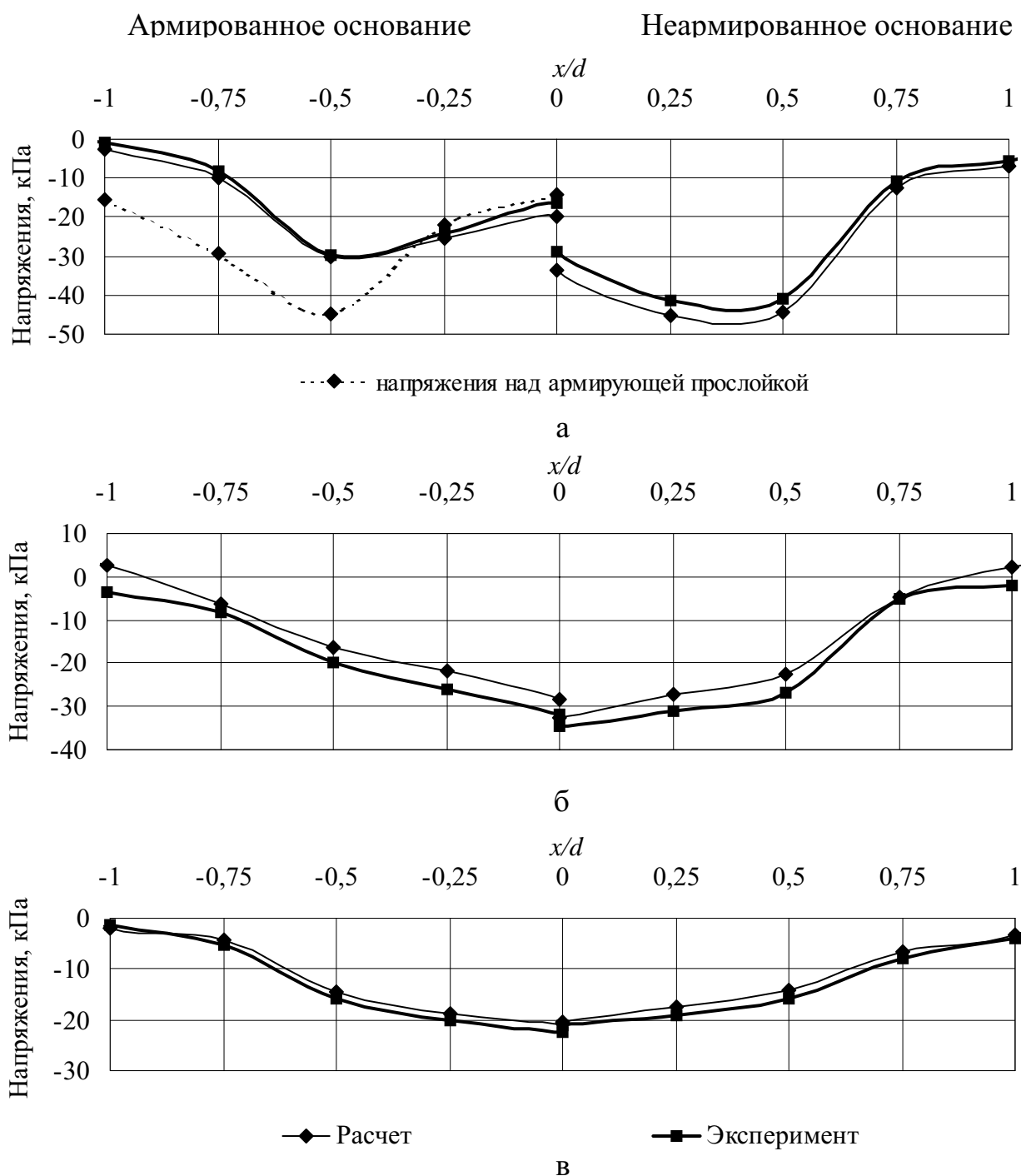


Рис. 4. Сравнение значений вертикальных напряжений при нагрузке 125 кПа: а – на глубине $0,25d$ (под армирующей прослойкой); б – на глубине $0,75d$; в – на глубине $1,25d$

Анализ деформированного состояния показывает, что характер распределения перемещений в основном аналогичен распределению напряжений. На глубинах $0,25$ и $0,75d$ вертикальные перемещения АО меньше, чем неармированного, а на глубине $1,25d$ значения перемещений армированного и неармированного оснований практически совпадают.

Анализ результатов натуральных штамповых исследований в глинистых грунтах позволяет сделать следующие выводы:

1. Армирование основания в грунтах мягкопластичной консистенции приводит к повышению их несущей способности минимум в 1,2 раза при снижении осадок до 1,6 раза.

2. НДС АО заметно отличается от НДС неармированного. Введение армирующего элемента трансформирует распределение напряжений в верхней части активной зоны основания на глубине до $1,25d$. Вертикальные напряжения под армирующей прослойкой снижаются в среднем на 38-39%.

В третьей главе на основе численных исследований методом МКЭ по программе "PLAXIS" дан анализ НДС армированных грунтовых оснований в пылевато-глинистых грунтах. Выполнено сравнение теоретических и экспериментальных результатов исследований.

Для исследования НДС АО и сравнения его с неармированным основанием были определены вертикальные напряжения и перемещения в активной зоне основания с помощью программы "PLAXIS". Решалась осесимметричная задача в упругопластической постановке. Для расчетов применялась "продвинутая" модель грунта Мора-Кулона. В отличие от обычной модели Мора-Кулона, где делатансия грунта неограниченна, в "продвинутой" модели делатансия имеет предельную величину. Сравнения результатов расчета по МКЭ и натуральных наблюдений приведены на рис.4. Анализ этих графиков показывает, что для АО средняя погрешность составляет 12,7%, а для неармированного основания 11,4%. Сравнение результатов величин вертикальных перемещений марок показало, что средняя погрешность для АО составила 4,4%, а для неармированного основания – 8,2%. Проведенный анализ показывает, что программа "PLAXIS" позволяет с достаточной точностью рассчитывать АО.

Изучение влияния прочностных характеристик грунта (C и ϕ) и параметров армирования (глубина заложения армирующего материала z , жесткость на растяжение армирующего материала G_{rf}) на расчетное сопротивление АО с помощью программы "PLAXIS" позволяет сделать выводы:

1. Расчетное сопротивление АО возрастает при увеличении G_{rf} практически во всем диапазоне прочностных характеристик грунтов, но наиболее рациональный диапазон значений G_{rf} составляет 1000-2000 кН/м.

2. Оптимальное значение заглубления армирующей прослойки для материалов с жесткостью на растяжение 1000-2000 кН/м составляет 0,2-0,25*d*.

В четвертой главе рассматриваются возможные подходы к проблемам расчета конструкций армогрунтовых оснований. Приведены результаты наблюдений за деформациями возведенных конструкций. На основе проведенных экспериментально-теоретических исследований разработан инженерный метод расчета АО. Для разработки метода расчета был проведен численный эксперимент с использованием МКЭ, реализованного в программе "PLAXIS". Данная программа позволила получить результаты с высокой точностью, что подтверждается исследованиями, приведенными в 3 главе, и поэтому она использовалась для разработки инженерного метода расчета. Ниже приведен алгоритм расчета.

1. Определение расчетного сопротивления АО.

Расчетное сопротивление АО можно представить в виде

$$R_r = K_d \cdot R_{rf}, \quad (1)$$

где R_{rf} – расчетное сопротивление АО при глубине заложения подошвы фундамента $h=0$; K_d – коэффициент, учитывающий глубину заложения фундамента.

На основе результатов проведенных численных экспериментов была получена следующая зависимость:

$$K_d = 1 + (A \cdot \varphi + B) \cdot P_{zg}, \quad (2)$$

где φ – угол внутреннего трения грунта, град; A и B – коэффициенты, учитывающие влияние сцепления грунта C , кПа, определяемые по формулам:

$$A = 0,00000945 \cdot C - 0,000349, \quad (3)$$

$$B = -0,000741 \cdot C + 0,0258. \quad (4)$$

P_{zg} – давление грунта на уровне подошвы фундамента, кПа:

$$P_{zg} = \gamma \cdot h; \quad (5)$$

γ – средний удельный вес грунта выше подошвы фундамента, кН/м³;

h – глубина заложения подошвы фундамента, м.

Расчетное сопротивление армированного грунта R_{rf} в кПа при глубине заложения подошвы фундамента $h=0$ можно определить по формуле

$$R_{rf} = 0,0000405 \cdot \varphi \cdot C \cdot G_{rf} + 0,00000765 \cdot \varphi \cdot G_{rf} + 0,00394 \cdot G_{rf} + 0,1441 \cdot \varphi \cdot C + 5,41 \cdot C - 0,0677 \cdot \varphi + 2,8135, \quad (6)$$

где $G_{rf} = E_r \times A$ – жесткость на растяжение армирующей прослойки, кН/м; E_r – модуль деформации армирующей прослойки, кПа; A – площадь поперечного сечения 1 погонного метра армирующей прослойки, м.

Проверка формулы (5) показала, что при изменении значений φ от 10 до 25 град., C от 10 до 30 кПа и G_{rf} от 25 до 2000 кН/м погрешность расчета не превышает 10%.

2. Определение осадок фундаментов на АО.

Основной характеристикой при расчете осадок фундаментов является модуль общей деформации грунта E_o . Поэтому необходимо количественно оценить влияние армирования на осадку фундамента и определить модуль деформации АО. Для оценки влияния армирования вводится коэффициент

$$K_r = E_{rf}/E_o, \quad (7)$$

где E_o – модуль общей деформации грунта.

Используя значения осадок, найденные в результате проведенного численного эксперимента, получены значения коэффициента K_r , приведенные в таблице.

Значения коэффициента K_r

Модуль деформации грунта, кПа	Жесткость армирующей прослойки G_{rf} , кН/м				
	2000	1000	500	100	25
1000	1,757	1,736	1,679	1,558	1,446
5000	1,588	1,521	1,467	1,353	1,303
10000	1,459	1,366	1,338	1,251	1,207
15000	1,368	1,298	1,250	1,180	1,160

Модуль деформации армированного грунта E_{rf} находится по формуле

$$E_{rf} = K_r \cdot E_o. \quad (8)$$

Для определения осадок фундаментов на АО предлагается следующая схема расчета:

– определяется модуль деформации армированного грунта E_{rf} по формуле (7);

- верхний слой грунтового основания на глубину d от подошвы фундамента принимается с модулем деформации E_{rf} ;
- рассчитывается осадка фундамента по методу послойного суммирования с учетом E_{rf} .

Проведенные исследования позволили определить, что для грунтов с $R_{rf} \leq 100$ кПа погрешность расчета достигает 17% в сторону занижения осадки. Поэтому метод послойного суммирования рекомендуется для грунтов, обладающих $R_{rf} > 100$ кПа. Максимальная погрешность расчета в диапазоне от 100 до 200 кПа не превышает 11%. Для грунтов с $R_{rf} < 100$ кПа расчет осадок рекомендуется проводить с использованием МКЭ.

3. Выбор армирующего материала.

Для АО рекомендуется применять геотекстильные тканые материалы из полиэфира с жесткостью на растяжение 1000-2000 кН/м.

4. Определение растягивающих усилий в армирующей прослойке.

Растягивающие усилия в армирующей прослойке N_{rf} зависят от осадки фундамента, жесткости на растяжение армирующей прослойки G_{rf} и трения между ней и грунтом. В диссертационной работе приведена методика, позволяющая определить растягивающие усилия в армирующей прослойке. Но проведенные дополнительные исследования позволили сделать вывод, что для предотвращения разрыва армирующей прослойки достаточно соблюдать следующие рекомендации: ограничить среднее давление по подошве фундамента расчетным сопротивлением АО, определенным по приведенному выше методу; использовать в качестве армирующих прослоек высокопрочные геотекстильные тканые материалы из полиэфира или стекловолокна, имеющие жесткость на растяжение не менее 1000-2000 кН/м и высокий коэффициент трения с грунтом; закладывать армирующие прослойки на глубине $0,2-0,25d$ от подошвы фундамента.

5. Определение длины армирующей прослойки.

Требуемая общая длина армирующей прослойки L должна обеспечить надежную ее анкеровку в грунте. В большинстве случаев достаточно иметь величину $L=3d$. При необходимости длину армирующей прослойки можно уточнить по методике, приведенной в диссертационной работе.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. Для малонагруженных фундаментов наиболее оптимальным является использование однослойного армирования горизонтальными прослойками с их размещением на глубине $0,2-0,25d$ от подошвы фундамента. Рациональная область применения армирования в грунтах с I_L от 0,4 до 0,6.

2. Армирование грунтового основания горизонтальными прослойками позволяет повысить несущую способность пылевато-глинистого грунта до 1,2 раза и снизить осадки фундаментов на АО до 1,6 раза.

3. Выполненными исследованиями НДС АО установлено, что введение армирующего элемента трансформирует распределение напряжений в пределах верхней части активной зоны основания на глубину до $1,25d$. Вертикальные напряжения под армирующей прослойкой снижаются в среднем на 38-39%.

4. Наиболее оптимальным для армирования является применение синтетических тканых материалов из полиэфирного волокна с жесткостью на растяжение 1000-2000 кН/м.

5. Использование аппарата МКЭ в упругопластической постановке по "продвинутой" расчетной модели грунта Мора-Кулона позволяет спрогнозировать работу АО в широком диапазоне грунтовых условий и действующих нагрузок, получить количественные значения параметров работы системы "фундамент – АО", которые легли в основу предлагаемого инженерного метода расчета.

6. Предлагаемый инженерный метод расчета, базирующийся на определении расчетного сопротивления АО (R_{rf}), модуля деформации АО (E_{rf}), геометрических параметров АО (длины L и глубины заложения армирующей прослойки z), а также жесткости армирующих элементов (G_{rf}), позволяет определять осадки фундаментов с точностью до 15-18 %, что подтверждается регулярными наблюдениями за осадками сооружений, построенных на основе предложенной методики расчета.

7. Применение армированных оснований позволяет снизить стоимость возведения фундаментов до 25% и трудоемкость до 30 % по сравнению с традиционными конструкциями.

Основные положения диссертации опубликованы в 12 научных трудах:

1. Клевеко В.И., Пономарев А.Б. Использование геотекстильных материалов для повышения несущей способности глинистых грунтов//Тр. Рос. конф. по механике грунтов и фундаментостроению.–СПб: СПбГАСУ, 1995.–Т.3.–С. 569-572.
2. Клевеко В.И., Пономарев А.Б. Использование армированных оснований в глинистых грунтах//Основания и фундаменты в геологических условиях Урала: Межвуз. сб. науч. тр./Перм. гос. техн. ун-т. –Пермь, 1995. –С. 86-90.
3. Bartolomey A., Kleveco V., Ponomaryov A., Ofrikhter V. Use of geosynthetic materials for increase bearing capacity of clayish bedding // Proceedings of the first European geosynthetics conference Eurogeo 1. –Maastricht. Netherlands, 1996. –P. 459-461.
4. Клевеко В.И., Пономарев А.Б. Планирование натуральных штамповых испытаний армированных оснований в глинистых грунтах// Основания и фундаменты в геологических условиях Урала: Сб. науч. тр./Перм. гос. техн. ун-т. –Пермь, 1997. –С. 61-64.
5. Клевеко В.И., Пономарев А.Б. Экспериментальные исследования глинистых грунтов армированных синтетическими материалами//Тр. VI Междунар. конф. по проблемам свайного фундаментостроения / Перм. гос. техн. ун-т. –Пермь, 1998.–Т.IV. –С. 53-57.
6. Bartolomey A.A., Bogomolov A.N., Kleveco V.I., Ponomaryov A.B., Ofrikhter V.G. The use of synthetic materials in the highway engineering in the Urals // Proceedings of the twelfth European conference on soil mechanics and geotechnical engineering. –Amsterdam. Netherlands, 1999. –Vol.2. –P. 1197-1202.
7. Клевеко В.И., Пономарев А.Б. Некоторые результаты натуральных штамповых испытаний армированных оснований в глинистых грунтах// Основания и фундаменты в геологических условиях Урала: Сб. науч. тр./Перм. гос. техн. ун-т. –Пермь. 1999. –С. 53-55.
8. Золотозубов Д.Г., Кислов С.М., Клевеко В.И., Пономарев А.Б. Исследование грунтовых оснований, армированных синтетическими материала-

ми//Известия вузов. Строительство. –Новосибирск: НГАСУ, 2001.–№4 (508). –С. 8-12.

9. Алексеев В.И., Золотозубов Д.Г., Клевеко В.И., Пономарев А.Б. Исследование работы синтетических материалов в грунтовых основаниях// Тр. Междунар. сем. по механике грунтов, фундаментостроению и транспортным сооружениям. –М., 2000, –С. 57-59.

10. Клевеко В.И., Пономарев А.Б., Офрихтер В.Г. Проектирование фундамента под стальной резервуар на подушке из армированного грунта.//Проблемы строительного комплекса России: Матер. V Междунар. науч.-техн. конф. «Строительство, архитектура, коммунальное хозяйство-2001»/ Под ред. В.И. Агапчева.–Уфа: УГНТУ, 2001. –С.231.

11. Клевеко В.И. Влияние параметров армирования на несущую способность грунтовых оснований// Проблемы строительного комплекса России: Матер. V Междунар. науч.-техн. конф. «Строительство, архитектура, коммунальное хозяйство-2001»/Под ред. В.И. Агапчева.–Уфа: УГНТУ, 2001. –С.231.

12. Клевеко В.И. Влияние глубины заделки и модуля деформации армирующей прослойки на несущую способность армированных грунтовых оснований// Основания и фундаменты в геологических условиях Урала: Сб. науч. тр./ Перм. гос. техн. ун-т. Пермь, 2001.–С. 71-76.