

**КИЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ**

На правах рукописи

**НГАПГЕ ФРАНСУА**



**ЛАТЕРИТНЫЕ ГРУНТЫ ТЕРРИТОРИИ Г. ЯУНДЕ (КАМЕРУН)  
КАК ОСНОВАНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

05.23.02 - Основания и фундаменты

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Киев - 1996



**КИЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ**

На правах рукописи

**НГАНГЕ ФРАНСУА**

**ЛАТЕРИТНЫЕ ГРУНТЫ ТЕРРИТОРИИ Г. ЯУНДЕ (КАМЕРУН)  
КАК ОСНОВАНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

05.23.02 - Основания и фундаменты

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Киев - 1996



624.1

AB36.728

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00760918 (V)

Дисерт

Работа выполнена в строительных конструкций

**НАУЧНЫЕ РУКОВОДИТЕЛИ:**

доктор технических наук, ст. научн. сотр.

**Рыжов Адольф Маркович**

доктор технических наук, профессор

**Клепиков Сергей Николаевич**

Кандидат технических наук, доцент  
Корниенко Николай Васильевич

**ОФИЦИАЛЬНЫЕ ОПОНЕНТЫ:**

доктор геолого-минералогических наук, профессор

**Краев Василий Федорович**

кандидат технических наук, доцент

**Циприанович Игорь Владимирович**

**ВЕДУЩАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ:**

Проектно-изыскательское и научно-исследовательское объединение "УкрНИИпроект", г. Киев

Защита состоится "19" февраля 1997г. в 13 часов на заседании специализированного ученого совета К 01.18.08. "Строительные материалы и изделия.", "Основания и фундаменты" Киевского государственного технического университета строительства и архитектуры (КГТУСА) по адресу: 252037, г. Киев, Воздухофлотский проспект 31.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке КГТУСА

Автореферат разослан "16" января 1997г.

Ученый секретарь  
специализированного ученого совета,  
к.т.н., доцент

Ракша В. А.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность работы.

До настоящего времени проектирование оснований и фундаментов в Камеруне ведется, в основном, с использованием норм Франции. Национальная наука и техника, не получили должного развития в том числе грунтоведение и фундаментостроение. Недостаточно учитываются региональные особенности грунтовых условий страны. Около 60% ее территории сложены латеритными грунтами, для которых имеются лишь разрозненные данные производственных изысканий об их физико-механических свойствах, обобщение которых не производилось. Действующий в стране Технический Регламент по строительству гражданских объектов и автодорог содержит лишь общие и неполные указания по проектированию зданий и сооружений и опирается на устаревшие положения по расчету оснований по допускаемым давлениям. Преимущественно применяются фундаменты мелкого заложения, расчеты которых в грунтовых условиях Камеруна не имеют достаточного обосновывания. Все эти вопросы требуют дополнительных комплексных исследований, анализа и разработки рекомендаций для строительства.

**Объект исследований** - латеритные грунты, как основания зданий и сооружений на территории столицы Камеруна г. Нунде. Расчетные показатели грунтов, способы расчета и проектирования оснований зданий и сооружений.

**Задачи исследования:** - собрать фактический материал, отобрать образцы на опытных площадках;

- исследовать химико-физическо-механические и особые свойства грунтов;

- установить зависимости механических характеристик от физических показателей грунтов;

- разработать таблицы нормативных показателей удельного сцепления, угла внутреннего трения и модуля деформации латеритных грунтов;

- усовершенствовать методы определения физико-механических свойств грунтов;

- провести анализ состояния и усовершенствовать методы расчета оснований и фундаментов на латеритных грунтах;

- установить целесообразность и эффективность устройства фундаментов в пробитых скважинах в латеритных грунтах;

- разработать принципиальные положения проектирования оснований и фундаментов зданий и сооружений на латеритных грунтах Камеруна.

Научная новизна.

- Впервые для латеритных грунтов г. Янде получены комплексные данные о их химическом и минералогическом составех и изменчивости;

- получены обобщенные данные о физико-механических свойствах грунтов территории г. Янде;

- установлены зависимости прочностных характеристик латеритных грунтов от количества глинистых частиц, показателя текучести и плотности сухого грунта;

- получены корреляционные зависимости величины модуля деформации латеритов от их физических показателей, величины структурной прочности и показателей динамического зондирования;

- разработаны таблицы нормативных значений прочностных и деформационных характеристик латеритных грунтов территории г. Янде;

- сделаны практические предложения о методике лабораторных испытаний латеритных грунтов в одометрах;

- экспериментально установлен характер набухания (усадки) и просадочности латеритных грунтов нарушенной структуры при изменении их плотности и влажности;

- усовершенствована методика расчета фундаментов мелкого заложения на латеритных грунтах Камеруна;

- внесены и обоснованы предложения о применении фундаментов в пробитых скважинах для строительства в Камеруне на участках залегания плотных грунтов на глубинах 5...10м.

Достоверность полученных результатов подтверждается много-кратностью проводимых опытов, комплексностью примененных методов исследований, использованием приемов статистической обработки с помощью ЭВМ, соответствием полученных результатов данным других авторов и решениям классической механики грунтов, данными практических расчетов деформаций оснований из латеритных грунтов и анализом многолетнего опыта строительства в Камеруне.

Практическая ценность работы:

- установлены нормативные и расчетные показатели прочности и деформируемости латеритных грунтов по их физическим показателям;

- внесены предложения для предварительной оценки величины структурной прочности этих грунтов;

- определены значения плотности сухого латеритного грунта при его укладке в насыпь, позволяющие избежать набухания или просадки при замачивании такого основания;

- составлен график величин коэффициента безопасности при оценке расчетного сопротивления грунта по результатам динамического зондирования;

- разработана методика расчета фундаментов мелкого заложения по деформациям;

- составлены рекомендации по проектированию и устройству оснований и фундаментов гражданских и промышленных зданий на латеритных грунтах г. Яунде.

**Апробация работы.** Основные материалы исследований доложены на Второй Украинской Научно-технической конференции по механике грунтов и фундаментостроению (г. Полтава, 15-17 октября 1995г.) и на 57<sup>ой</sup> Научно-технической конференции Киевского государственного технического университета строительства и архитектуры (16-18 апреля 1996г.)

#### **Публикации.**

По материалам диссертационной работы опубликованы 3 статьи.

**Объем работы.** Диссертация состоит из введения, пяти разделов и общих выводов, списка литературы из 144 наименований и 3 приложений, 235 страниц в том числе 150 страниц машинописного текста, 56 рисунков и 14 таблиц.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обоснована актуальность работы, поставлена цель и сформулированы задачи исследований, отмечены научная новизна и практическая ценность работы.

**В первом разделе** изложены сведения о строении латеритных грунтов г. Яунде и их происхождении, изучены их гранулометрический состав и химико-физические свойства.

Для проведения лабораторных и полевых испытаний использованы данные 17 опытных площадок, представляющих всю территорию г. Яунде. Комплексным исследованиям были подвергнуты 48 образцов грунта, отобранных на этих площадках. Строение толщи латеритных грунтов устанавливалось бурением скважин, проходкой шурфов испытаниями с помощью динамического зондирования.

Латеритные грунты представляют собой верхнюю часть коры выветривания экваториальной территории Земли. Эти отложения, покрывающие центральную (включая столицу Камеруна г. Яунде), южную, юго-восточную и частично северную части территории страны залегают с поверхности и имеют мощность 15...25м и более. Они характеризуются большим содержанием окислов железа и алюминия, и значительной неоднородностью гранулометрического состава как по глубине, так и в плане.

Исследованиям латеритных грунтов посвящены работы И. П. Герасимова, Л. Н. Шутенко, А. Д. Гильмана, И. И. Сахарова, С. П. Томкевича, A. Remillon, B. Vallerga, R. Lohness, T. Demirel, R. Tuncher, R. Gudari. Отдельные свойства латеритных грунтов Камеруна изучались M. Mundi, G. Ekodek, D. Kongue и др. Общая характеристика элювиальных грунтов изложена в трудах E. C. Сергеева, В. И. Федорова, В. Б. Швеца и др.

Установлено, что строение латеритных грунтов Камеруна характеризуется тем, что дисперсная зона и прилегающая к ней обломочная зона в реальных разрезах не всегда выражена четко и имеет отличия, вызванные интенсивностью протекания процесса

выветривания и изменчивостью его характера. Кроме того эрозия поверхности сопровождается накоплением делювиальных дисперсных грунтов, вскрытием обломочной зоны и переносом на пониженные участки крупнообломочного материала. Латеритные грунты можно рассматривать как дисперсные отложения, в том числе с включениями крупнообломочных частиц до 30% по массе, т.е. дисперсная фракция латеритного грунта определяет его свойства.

Латеритные грунты территории г. Яунде по гранулометрическому составу характеризуются большим содержанием глинистых частиц (<0,005мм)-12-78%, наличием пылеватых частиц- 2-65%, песчаных-1-20%, крупнообломочных (2-20мм), в среднем, до 10%. Таким образом, по содержанию пылеватых и глинистых частиц эти грунты можно отнести к глинам или суглинкам.

Анализ химического состава латеритных грунтов показал, что они содержат в основном окислы  $\text{SiO}_2$  (49-61%),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (22-27%),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (3-15%),  $\text{TiO}_2$  (0,5-2,0%). Другие химические соединения ( $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{FeO}$  и др.) не превышают 0,5% по массе. По минералогическому составу установлено преобладание свободного кварца (31-37%) и каолинита (40-69%). Наличие гиббсита (2-29%) и гетита (2-12%) во многом определяет свойства латеритного грунта, в том числе и особые.

Показано, что по химическому составу латеритные грунты территории г. Яунде могут рассматриваться как железистые.

Наряду с изучением гранулометрического состава определялись показатели пластичности латеритных грунтов с использованием прибора А. Казагранде и балансированного конуса А. М. Васильева. Было установлено, что латеритные грунты характеризуются высокими пределами текучести ( $w_L = 0,49-0,76$  по А. Казагранде) и раскатывания ( $w_p = 0,35-0,41$ ) при числе пластичности  $I_p = 0,24-0,36$  и относятся к глинам. В сопоставлении с латеритными грунтами более характерно соблюдение "А" - линии на графике А. Казагранде и сужение диапазона изменчивости  $w_L$ , что еще раз подчеркивает их характерные отличия и необходимость изучения их как региональных.

Установлено, что определения предела текучести  $w_L$  по методикам А.М. Васильева и А. Казагранде дают большие расхождения по величине (до 0,10-0,25). Определение вида латеритного грунта по числу пластичности и его состоянию по величине  $I_p$  на основе  $w_L$  по А.Казагранде не в полной мере соответствует фактическим данным.

Выявлено несоответствие величин  $w_L$  и  $I_p$  количеству глинистых частиц, что объясняется наличием и неравномерным распределением в грунте фракций с разной степенью выветривания. Таким образом число пластичности не является надежным показателем для строительной классификации латеритных грунтов. По показателю текучести эти грунты находятся в твердом и тугопластичном состояний. В действительности, в природных условиях эти грунты можно характеризовать как твердые или полутвердые. По плотности сложения латеритные грунты территории г. Яунде характеризуются, в основном, как макропористые с коэффициентом пористости  $e=0,75-1,40$  и плотностью сухого грунта  $\rho_d=1,15-1,51 \text{ г/см}^3$ .

По физико-химическим показателям исследуемые грунты выделяются из ряда элювиальных отложений и подтверждают их особые свойства.

Второй раздел диссертации посвящен экспериментальному изучению механических характеристик, обобщению полученных данных и статистическому исследованию взаимосвязей между ними и физическими показателями латеритных грунтов территории г. Лунде. Опыты проводились в лаборатории НИИСК и Национальной лаборатории строительства Камеруна (в том числе при участии автора).

Испытанием на прямой сдвиг 48 образцов латеритных грунтов ненарушенной структуры на приборах с площадью поперечного сечения камеры  $36\text{см}^2$  и высотой 2см показало, что прочностные показатели латеритных грунтов имеют высокую изменчивость. Угол внутреннего трения колеблется в значительных пределах ( $\varphi=18\text{--}36^\circ$ ), в то время как удельное сцепление составляет  $c=0,03\text{--}0,08$  МПа. Высокие значения  $c$  подтверждаются наличием прочных жестких структурных связей, в то время как величины  $\varphi$ , достигающие более высоких значений, чем для обычных пылевато-глинистых грунтов, указывают на их разнородность по гранулометрическому составу.

Сжимаемость грунтов изучалась в одометрах на тех же 48 образцах ненарушенной структуры (на приборах с кольцами диаметром 6,0см и высотой 2,0см). Установлено, что компрессионный модуль деформации  $E_{oed}$  латеритных грунтов по результатам компрессионных испытаний должен определяться в диапазоне напряжений  $0\text{--}P_{st}$  (где  $P_{st}$  - структурная прочность), т.е. при работе грунта до появления в нем структурных изменений.

Значения  $E_{oed}$  изменяются в пределах от 0,7 до 1,4 МПа, что дает представление о повышенной сжимаемости латеритных грунтов, что связано с влиянием смятия образцов грунта в одометре на участках контакта со штампами, а фактическая величина  $E$  по данным зондирования составляет от 8,1 до 15,6 МПа.

Величина структурной прочности  $P_{st}$  определялась с использованием методов: А. Казагранде; касательных к начальному и конечному участку кривой  $e=f(P)$  и постоянного природного давления (упругими деформациями при давлении до  $P_{st}$  пренебрегают). Наиболее приемлемым оказался метод касательных, предложенный автором, по данным которого значение  $P_{st}$  изменяются в пределах от 0,06 до 0,10 МПа, что по сравнению с обычными пылевато-глинистыми грунтами следует расценивать как завышенные.

Установлено, что величину  $P_{st}$  можно также определять для предварительной оценки с учетом величины природного давления, как  $P_{st} = 2\sigma_{zg}$ .

Величина условного сопротивления грунта динамическому зондированию  $R_{pd}$ , определявшаяся в тех же точках, где отбирались образцы для лабораторных исследований, изменялась в диапазоне  $R_{pd}=2\text{--}8$  МПа, подтверждая высокую изменчивость прочностных и деформационных характеристик.

Статистическая обработка показателей физико-механических свойств грунтов для всех 48 образцов выполнена на компьютере IBM PC80386 с помощью пакета программ PROTOUS. PAS, SYSTEME2. PAS, SAGEFIC. PAS, SAGEE. PAS разработанных автором при участии инженера Ж.П. Лиену. В результате обработки получены статистические показатели: среднеарифметическое значение  $X_m$ , среднеквадратичное отношение  $\sigma$ , коэффициент изменчивости  $V$ , средняя ошибка среднеарифметического значения  $m$  и показатель точности (средняя ошибка от среднеарифметического значения характеристики)  $P$ , а также составлены уравнения взаимосвязей механических характеристик и физических показателей латеритных грунтов изучаемой территории. По величине выборочного парного коэффициента корреляции  $r$  проводилась оценка тесноты связей.

Показано, что наиболее определяющими для значений угла внутреннего трения и удельного сцепления  $c$  являются: количество глинистых частиц  $I_a$  (коэффициент корреляции соответственно равны  $r = 0,96$  и  $r = 0,53$ ), показатель текучести  $I_L$  (соответственно  $r = 0,71$  и  $r = 0,53$ ), и плотность сухого грунта  $\rho_d$  (соответственно  $r = 0,72$  и  $r = 0,50$ ). Меньшая теснота связи  $c$  с физическими показателями объясняется влиянием значительной изменчивости структурной прочности.

На основе многофакторного анализа получено теоретическое распределение и составлена таблица нормативных значений  $\phi$  и  $c$  (табл.1) в зависимости от физических показателей  $I_a$ ,  $I_L$  и  $\rho_d$ .

Установлено, что наибольшее влияние на модуль деформации  $E_{oed}$  оказывают коэффициент пористости  $e$  (коэффициент корреляции  $r = 0,94$ ) и показатель текучести ( $r = 0,69$ ). Также выявлены взаимосвязи значений  $E_{oed}$  со структурной прочностью  $P_{st}$  ( $r = 0,77$ ) и величиной сопротивления при динамическом зондировании ( $r = 0,83$ ).

На основе многофакторного анализа получено теоретическое распределение и составлена таблица изменчивости  $E_{oed}$  в зависимости от физических показателей  $e$  и  $I_L$ .

Величина  $P_{st}$  для латеритных грунтов зависит от  $e$  (коэффициент корреляции  $r = 0,87$ ),  $\sigma_{zg}$  ( $r = 0,69$ ) и может отображаться величиной  $R_{pd}$  ( $r = 0,63$ ).

Установлено, что предварительная оценка  $P_{st}$  может производиться по зависимости  $P_{st} = 2\sigma_{zg}$ .

Значение  $R_{pd}$  зависит от  $\sigma_{zg}$  (коэффициент корреляции  $r = 0,78$ ) и  $e$  ( $r = 0,82$ ).

Полученные уравнения взаимосвязей позволяют предварительно оценить прочностные характеристики исследуемых латеритных грунтов, используя простейшие физические показатели.

**Третий раздел** посвящен экспериментальному изучению особых свойств латеритных грунтов г. Яунде. Изложены предпосылки, методики и результаты исследований набухания (усадки) и просадочности латеритных грунтов. При этом учитывались результаты исследования набухания глин и просадочности лессовых грунтов, изучавшихся Ю. М. Абелевым, Н. Я. Денисовым, Н. В. Корниенко, А. М. Рыжовым, С. Н. Клепиковым и другими. Как правило, в реальном

строительстве на латеритных грунтах разных регионов в редких случаях изучаются свойства набухания. Что же касается определения их просадочности, то в научной литературе такие данные не встречаются.

В Камеруне имеет место значительное сезонное колебание влажностного режима (сухой и влажный периоды года), которое приводит к значительному изменению влажности верхних слоев оснований из латеритных грунтов. Кроме того, в качестве оснований часто используют и насыпные латеритные грунты, укладываемые в сухой период года, влажность которых бывает различной. Все это может приводить к проявлению свойств набухания или усадки и возможным неравномерным деформациям основания. Показатель  $I_{sw}$ , по которому предварительно оценивается набухание или просадочность грунтов в нормах Украины, колебался для изучаемых грунтов в пределах от 0,02 до 0,60. Поэтому в лаборатории НИИСК была дополнительно исследована сжимаемость латеритных грунтов природной и нарушенной структур при различной их влажности и плотности. Опыты проводились на компрессионных приборах конструкции И. М. Литвинова с высотой кольца 2,0 см и диаметром 5,7 см. Образцы естественной структуры готовились как для компрессионных испытаний, а нарушенной структуры с предварительным размельчением грунта и созданием начальной влажности (от 0,15 до 0,30) при уплотнении до  $\rho_d = 1,2 \dots 1,7 \text{ г/см}^3$ . Определение свободного набухания, набухания при дополнительном давлении, линейной и объемной усадки и относительной просадочности производились по стандартной методике.

Показано, что латеритные грунты природной структуры, в основном являются ненабухающими. Степень свободного набухания составляет  $\epsilon_{sw0} = 0,006 \dots 0,041$ . При увеличении  $\rho_d$  грунта нарушенной структуры от 1,3 до 1,7 г/см<sup>3</sup> (при начальной степени влажности  $S_r$  от 0,2 до 0,8) относительное свободное набухание возрастает от  $\epsilon_{sw0} = 0,09$  (при  $S_r = 0,02$ )  $\dots 0,01$  (при  $S_r = 0,8$ ) до 0,22 (при  $S_r = 0,2$ )  $\dots 0,12$  (при  $S_r = 0,8$ ). Таким образом установлено, что начиная с  $\rho_d \geq 1,45 \text{ г/см}^3$  латеритные грунты будут обладать свойствами набухания ( $\epsilon_{sw0} > 0,04$ ) в условиях недостаточной влажности. При этом влажность набухания составляет  $w_{sw0} = 0,45 \dots 0,28$ .

Исследование набухания при дополнительных давлениях производилось по методике "двух кривых". При этом величина давления набухания  $P_{sw}$  при влажности  $w \leq 0,21$  изменялась в пределах  $P_{sw} = 0,12 \dots 0,30$  МПа и более (рис. 1).

Таким образом показано, что при обычно принимаемых в практике строительства в Камеруне давлениях по подошве фундамента 0,12  $\dots$  0,18 МПа насыпные грунты (например, грунтовая подушка) будут набухающими при  $\rho_d > 1,45 \text{ т/м}^3$ .

Как показали наблюдения в Камеруне, латеритные грунты в котлованах длительное время находящиеся открытыми в сухой период года высыхают, что приводит к появлению усадочных трещин на

поверхности дна котлована. Усадка может наблюдаться и в грунтах нарушенной структуры.

Проведенными исследованиями установлено также, что латеритные грунты с  $\rho_d < 1,37 \text{ г/см}^3$  в условиях их водонасыщения будут давать усадку при высыхании. При этом величина относительной линейной усадки по высоте составляет  $\epsilon_h = 0,05\text{--}0,15$ , по диаметру  $\epsilon_d = 0,08\text{--}0,16$ , а объемная усадка  $\epsilon_v = 0,16\text{--}0,39$ .

Опыты, проведенные по методике "двух кривых", позволили установить, что латеритные грунты нарушенной структуры с плотностью  $\rho_d < 1,40 \text{ г/см}^3$  обладают просадочными свойствами при начальной влажности  $w_0 \leq 0,21$  (см. рис.1). При этом величины относительной просадочности и начального просадочного давления изменяются в диапазоне:  $\epsilon_L = 0,01\text{--}0,20$  и  $P_{sl} = 0,08\text{--}0,18$  МПа.

Выполненными исследованиями установлено, что латеритные грунты в зависимости от их начального состояния по плотности и влажности, структуры и уровня передаваемого давления могут обладать как набухающими, так и просадочными свойствами. Это согласуется с представлениями Н.Я. Денисова, Н.В. Корниенко о поведении недоуплотненных грунтов под нагрузкой.

По просадочности латеритные грунты могут быть отнесены к первому типу по классификации действующих в Украине норм (СНиП 2.0201-83).

Кроме того изучалась возможность проявления свойства дилатансии в процессе сдвига. Важность учета этого явления при расчете грунтовых оснований и оценке их напряженно-деформированного состояния показана в работах А. М. Рыжова, И. П. Бойко, С. Н. Клепикова, В. Н. Николаевского, Ю. К. Зарецкого, А. Л. Гольдина и других.

Опыты по определению дилатансии проводились на образцах нарушенной структуры в приборе В. П. Вихарева с площадью поперечного сечения  $28,0 \text{ см}^2$  и высотой  $3,1 \text{ см}$ . Предварительно готовились образцы с начальной плотностью сухого грунта  $\rho_d = 1,15\text{--}1,58 \text{ г/см}^3$  и степенью влажности  $S_r = 0,2\text{--}0,8$  после чего они уплотнялись до условной консолидации (24 часа) и подвергались сдвигу. Установлено, что при  $\sigma = 0,1\text{--}0,3 \text{ МПа}$  величина относительной положительной дилатансии колеблется в пределах  $\epsilon_d = 0,002\text{--}0,007$ . Относительная отрицательная дилатансия составила  $\epsilon_d = 0,001\text{--}0,004$ . Критическая плотность зависела в большой мере от  $S_r$  и  $\sigma$  и находилась в пределах  $\rho_d = 1,29\text{--}1,37 \text{ г/см}^3$  для  $S_r = 0,2$ ;  $\rho_d = 1,29\text{--}1,38 \text{ г/см}^3$  для  $S_r = 0,4$ ;  $\rho_d = 1,35\text{--}1,44 \text{ г/см}^3$  для  $S_r = 0,6$  и  $\rho_d = 1,48\text{--}1,55 \text{ г/см}^3$  для  $S_r = 0,8$ .

Таким образом показано, что дилатансионная деформация для латеритных грунтов не значительна, и при проектировании оснований гражданских и промышленных зданий и сооружений необходимости ее учитывать нет. Учет таких величин дилатансии латеритных грунтов целесообразен при проектировании гидротехнических сооружений, где

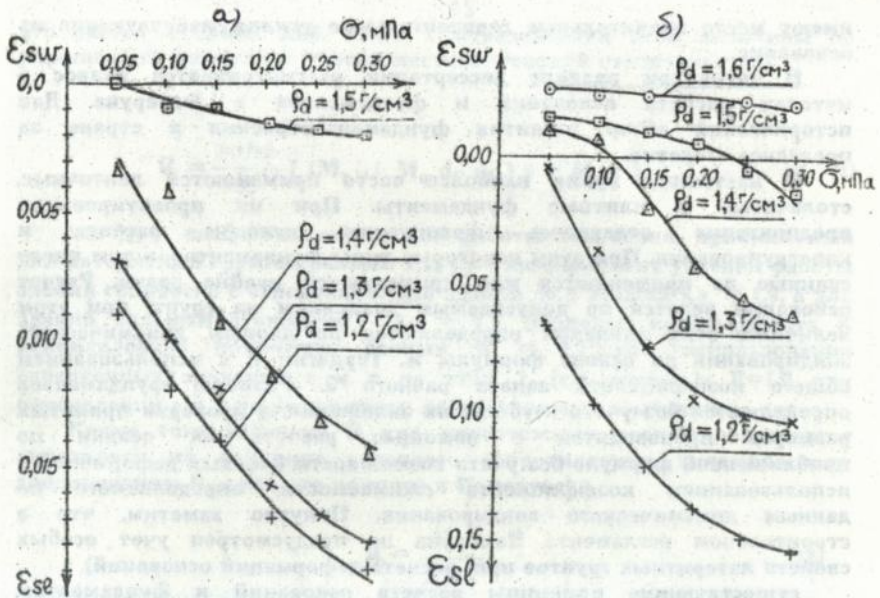


Рис. 1. Зависимость  $\epsilon_{sw} = f(\sigma)$  и  $\epsilon_{se} = f(\sigma)$  для латеритных грунтов при начальной влажности: а/  $w_0 = 30\%$ ; б/  $w_0 = 21\%$ ; в/  $w_0 = 15\%$

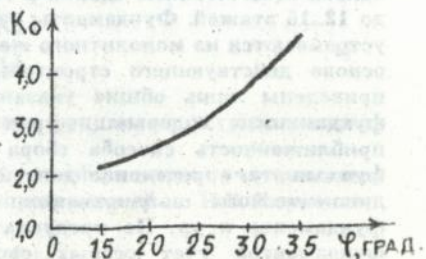
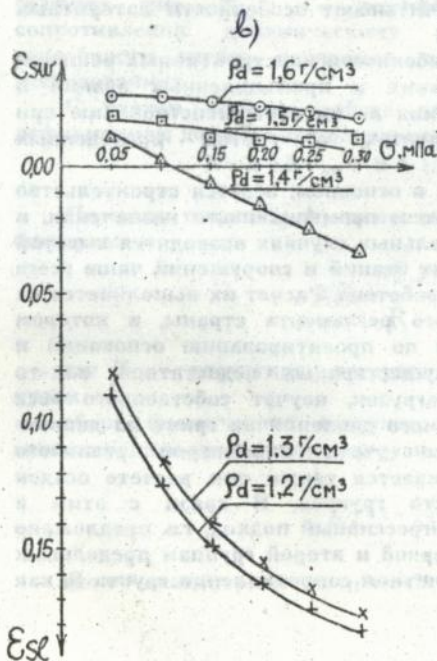


Рис. 2. Зависимость переменного коэффициента запаса  $K_0$  от угла внутреннего трения  $\varphi$

имеют место значительные горизонтальные усилия, действующие на основание.

В четвертом разделе диссертации рассматривается вопрос о методах расчета оснований и фундаментов в Камеруне. Дан исторический обзор развития фундаментостроения в стране за последнее столетие.

В настоящее время наиболее часто применяются ленточные, столбчатые и плитные фундаменты. При их проектировании предпочтение отдавалось французским методам расчета и конструирования. При этом некоторые типы фундаментов, в том числе свайные не применяются или применяются крайне редко. Расчет оснований ведется по допускаемым давлениям на грунт; при этом величины этих давлений определяются по данным динамического зондирования на основе формулы К. Терцагии и с использованием общего коэффициента запаса равного 3. Размеры фундаментов определяются без учета глубины их заложения, а проверка принятых размеров производится с помощью расчета их осадки по приближенной формуле без учета возможности боковых деформаций с использованием коэффициента сжимаемости, определяемого по данным динамического зондирования. Попутно заметим, что в строительном регламенте Камеруна не предусмотрен учет особых свойств латеритных грунтов при расчете деформаций оснований).

существующие принципы расчета оснований и фундаментов, приведенные в строительном регламенте Камеруна во многом являются приближенными и недостаточно учитывают особенности латеритных грунтов.

В пятом разделе изложены особенности конструктивных решений и расчета фундаментов, гражданских и промышленных зданий и сооружений в Камеруне, предложения по их совершенствованию при возведении на латеритных грунтах с учетом проведенных исследований.

В настоящее время в г. Янде, в основном, ведется строительство малоэтажных зданий гражданского и промышленного назначения, и только общественные здания в отдельных случаях возводятся высотой до 12...15 этажей. Фундаменты таких зданий и сооружений чаще всего устраиваются из монолитного железобетона. Расчет их выполняется на основе действующего строительного регламента страны, в котором приведены лишь общие указания по проектированию оснований и фундаментов, содержащие ряд существенных недостатков; как-то приближенность способа сбора нагрузок, неучет собственного веса фундамента, определение допускаемого давления на грунт по данным динамического зондирования без учета параметров реального фундамента и др. Не предусматривается также при расчете осадок фундаментов учет особых свойств грунтов. В связи с этим в диссертации использован более прогрессивный подход, т.е. предложено выполнять расчет оснований по первой и второй группам предельных состояний и введено понятие о расчетном сопротивлении грунта  $R$ , как

это дается в СНиП 2.02. 01-83, с определением этой величины по упрощенной формуле (с учетом местных условий строительства):

$$R = \frac{\gamma_{c1}\gamma_{c2}}{K} [ (M_{\gamma} L + M_q d - d_b) \gamma + M_c c ] \quad (1)$$

где  $\gamma_{c1}$  - коэффициент условий работы основания, принимаемый для латеритных грунтов равным 1,1;  $\gamma_{c2}$  - коэффициент условий работы здания совместно с основанием: для зданий до 4 этажей  $\gamma_{c2} = 1,0$ , а для зданий большей этажности -  $\gamma_{c2} = 1,1$ . Значение коэффициента  $K$  рекомендовано принимать равным  $K = 1,1$  при использовании осредненных значений  $c$  и  $\phi$  по табл. 1, (см. ниже) и  $K=1,0$  при определении  $c$  и  $\phi$  по результатам лабораторных испытаний на сдвиг.

Кроме того значение  $R$  для малоэтажных зданий допускается определять по величине условного сопротивления динамическому зондированию  $R_{pd}$ , как это принято в Камеруне:

$$R = \frac{R_{pd}}{\lambda K_0} \quad (2)$$

где  $K_0$  - коэффициент безопасности по грунту, определяемый по графику рис. 2;  $\lambda$  - коэффициент перехода от условного сопротивления динамическому зондированию  $R_{pd}$  к несущей способности грунта основания, величина которого получена при исследованиях.

С учетом особых свойств латеритных грунтов в расчете по деформациям должны выполняться условия:

$$R \geq 0,8 P_{sw}; \quad R \leq 1,3 P_{st}; \quad R \leq 0,8 P_{sl} \quad (3)$$

Площадь подошвы фундамента  $AB$  рекомендуется определять по формуле:

$$AB = \frac{P_{ser} \cdot K_e}{R - 20d} \quad (4)$$

где  $P_{ser}$  - расчетная нагрузка на фундамент, устанавливаемая путем

сбора фактических нагрузок;  $K_e$  - коэффициент, учитывающий внецентренное приложение нагрузки, определяемый по Н.В. Кориенко:

$$K_e = 1 + \frac{5}{B} \left( e - \frac{B}{30} \right) \quad (5)$$

где  $e$  - эксцентриситет; при  $e < B/30$ ,  $K_e = 1$ .

Таблица 1 - Нормативные значения угла внутреннего трения  $\varphi_n$ , град., и удельного сцепления  $c_n$ , кПа, латеритных грунтов

Количество глинистых частей, $I_a$ , %	Показатель текучести, $I_L$	Характеристика грунта, $X_n$	Характеристика грунтов $\varphi_n$ и $c_n$ при $\rho_d$ , т/м <sup>3</sup>			
			< 1,25	1,25- 1,35	1,35-1,45	>1,45
55	- 0,3	$\varphi_n$	32,5	33	33,5	33,5
		$c_n$	35	45	55	65
	- 0,1	$\varphi_n$	33,5	33,5	34	34
		$c_n$	50	60	60	65
	0,1	$\varphi_n$	33	33	33	33,5
		$c_n$	50	50	50	50
0,3	$\varphi_n$	31,5	31,5	31,5	31,5	
	$c_n$	30	25	20	15	
65	- 0,3	$\varphi_n$	26,0	26,5	26,5	27,0
		$c_n$	35	50	60	70
	- 0,1	$\varphi_n$	27,0	27,0	27,0	27,5
		$c_n$	55	60	65	70
	0,1	$\varphi_n$	26,5	26,5	26,5	26,5
		$c_n$	35	55	55	55
0,3	$\varphi_n$	26,0	26,0	26,5	26,5	
	$c_n$	50	30	25	21	
75	- 0,3	$\varphi_n$	17,5	18,0	18,0	18,0
		$c_n$	35	50	65	75
	- 0,1	$\varphi_n$	18,5	18,5	18,5	18,5
		$c_n$	55	60	70	75
	0,1	$\varphi_n$	17,5	18,0	18,0	18,0
		$c_n$	55	55	60	60
0,3	$\varphi_n$	15,0	15,5	16,0	16,5	
	$c_n$	35	30	25	25	

Таблица 2 - Нормативные значения модуля деформации латеритных грунтов

Показатель текучести, $I_L$	Модуль деформации грунтов $E$ , МПа, при коэффициенте пористости, $e$			
	0,9	1,1	1,3	1,5
< 0	15	12	10	8
> 0	11	9	8	6

Осадку фундамента рекомендуется определять по методу послойного суммирования, принимая для латеритных грунтов, обладающих относительно высокой структурной прочностью, нижнюю границу сжимаемой толщи из условия  $\sigma_{zp} = 0,3\sigma_{zg}$ . Для малоэтажных зданий и сооружений осадку фундамента допускается определять по формуле И. А. Розенфельда:

$$S = 1,44 \frac{n}{n+1} \frac{P_{zo} b}{E} \quad (6)$$

где  $n = L/b$  - соотношение сторон фундамента;  $P_{zo}$  - дополнительное давление на подошве фундамента;  $E$  - модуль деформации грунта основания.

При расчете неравномерных деформаций с учетом особых свойств, дополнительно учитываются дополнительные требования:

$$i + i_{sw(sh)} \leq \left( \frac{\Delta S}{L} \right)_{sl} \leq \left( \frac{\Delta S}{L} \right)_u ; \quad i + i_{sl} \leq i_u \quad (7)$$

Расчет основания по прочности рекомендован выполнять из условия:

$$N \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_n} F_u \quad (8)$$

где  $N$  - расчетная нагрузка на основание, принимаемая равной  $1,2P_{ser}$ , так как рекомендации по учету величин коэффициентов перегрузки в Камеруне отсутствуют;  $F_u$  - предельное сопротивление грунта по классической формуле К. Терцаги с использованием расчетных значений  $s$  и  $\varphi$ , определяемых на основе нормативных показателей (табл. 1).  $\gamma_c$  - коэффициент условий работы,  $\gamma_c = 0,85$ ;  $\gamma_n$  - коэффициент надежности принимаемый в зависимости от назначения сооружения, равной 1,3 для высотных сооружений и 1,2 для остальных.

С учетом исследований Н. Л. Зоценко и др. обоснована возможность применения фундаментов из свай в пробитых скважинах в грунтовых условиях Камеруна, когда плотные латеритные грунты  $\rho_a = 1,35 \dots 1,45 \text{ г/см}^3$  находятся на глубинах 5...10 м.

На основе проведенных исследований разработаны практические комплексные рекомендации по проектированию и устройству оснований зданий и сооружений на латеритных грунтах г. Яунде, а также намечены перспективные направления таких исследований в дальнейшем.

### Основные выводы

1. К латеритным относятся грунты дисперсной и крупнообломочной (с глинистым заполнителем более 60%) зоны коры выветривания, богатые оксидами железа и алюминия, образовавшиеся в условиях влажного тропического климата. Материнской породой для латеритных грунтов Камеруна являются гнейсы и граниты.

2. Состав латеритных грунтов характеризуется преобладанием  $\text{SiO}_2$  (49 ... 61%),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (22...27%),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (3...15%). По минералогическому составу они характеризуются наличием коалинита (40 ... 69%), кварца (31...37%), гиббсита (2...29%) и гетита (2...12%). Гранулометрический состав дисперсной зоны чрезвычайно разнообразной, неоднородной и характеризуется наличием гравийных частиц (до 10%), песка (1...20%), пыли (2...65%) и глинистых частиц (12...78%). Латеритные грунты отличаются повышенными значениями  $w_L$  и находятся в твердом и полутвердом состоянии, обладая макропористой структурой и повышенным коэффициентом пористости ( $e = 0,75...1,40$ ), имеют высокие прочностные показатели:  $P_{st} = 0,06...0,09 \text{ МПа}$ ,  $c = 0,03...0,08 \text{ МПа}$ ;  $\varphi = 18...36$  град. При давлениях выше структурной прочности  $P_{st}$  модуль деформации составляет  $E = 6...11 \text{ МПа}$ .

3. Компрессионные испытания, как правило, дают заниженные значения модулей деформации  $E_{oed} = 0,7...1,4 \text{ МПа}$ , что потребовало ограничения диапазона нагрузок до  $P_{st}$  и использования переходных коэффициентов для определения фактических величин  $E$  ( $K = 8,5...16$ ). При этом определение величины  $P_{st}$  рекомендуется производить по методу касательных.

4. Установлена взаимосвязь механических характеристик грунта ( $c$ ,  $\varphi$ ,  $E_{oed}$ ,  $P_{st}$ ,  $R_{pd}$ ) с их физическими показателями и величиной природного давления. Это позволило выявить существенное влияние количества глинистых частиц ( $< 0,005 \text{ мм}$ ),  $I_L$ ,  $\rho_s$  и  $e$  на показатели  $c$ ,  $\varphi$  и  $E_{oed}$ , и дало возможность составить таблицы их нормативных значений.

5. Латеритные грунты природного сложения могут рассматриваться как слабонабухающие. При нарушении их структуры в зависимости от начальной плотности и влажности эти грунты могут быть набухающими (усадочными) или просадочными. При  $\rho_s = 1,35...1,45 \text{ г/см}^3$  в насыпных грунтах эти свойства проявляться не будут, что рекомендовано учитывать при проектировании искусственных оснований.

6. Установлено, что дилатансионные деформации (положительные и отрицательные) латеритных грунтов незначительны и нет необходимости их учитывать при проектировании гражданских и промышленных зданий.

7. Сделано предложение по расчету оснований и фундаментов по первой и второй группам предельных состояний с учетом особенностей латеритных грунтов Камеруна. Введено понятие о расчетном сопротивлении  $R$  латеритного грунта, и даны предложения для его определения по данным  $c$  и  $\varphi$ , в том числе с использованием предложенных таблиц, и по данным динамического зондирования. Величина  $R$ , определяемая по формуле (1) в 1,2...1,3 раза выше

допускаемого давления на грунт основания  $Q_{adm}$ , определяемого по Регламенту. Даны предложения по определению величины осадки фундамента.

8. Обоснована целесообразность применения фундаментов из свай в пробитых скважинах для латеритных грунтов Камеруна.

9. Обоснованы и разработаны принципиальные рекомендации по проектированию и устройству фундаментов на латеритных грунтах Камеруна и намечены перспективные направления развития дальнейших исследований и методов расчета, проектирования и строительства.

Основные положения диссертации изложены в следующих публикациях:

1. Нгаге Франсуа. Фундаменты в пробитых скважинах для грунтовых условий центральной части Камеруна. /Эффективные фундаменты, сооружаемые без выемки грунта : сб. докладов II Украинской Научно - технической конференции по механике грунтов и фундаментостроению. - Полтава, 1995. с. 44-47.

2. Нгаге Франсуа. Физические свойства латеритных грунтов г. Яунде (Камерун)/К. : НИИСК, деп. ГНТБ Украины N675-Укр 96, 1996г.,-10с.

3. Корниенко Н. В., Нгаге Франсуа. Строительные свойства латеритных грунтов Камеруна (на примере территории г. Яунде)/К. : Гос. техн. университет строительства и архитектуры, деп. ГНТБ Украины N1937-Укр 96, 1996г.,-13с.

## АНОТАЦІЯ

Нгаге Франсуа. Латеритні ґрунти території м. Яунде (Камерун) як основи будівель та споруд. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук по спеціальності 05.23.02 "Основи та фундаменти". Рукопис. Державний технічний університет будівництва та архітектури, Київ, 1996.

На основі експериментальних та теоретичних досліджень вивчені хіміко-фізико-механічні характеристики латеритних ґрунтів Камеруну на прикладі території м. Яунде, виявлені взаємозв'язки між їх механічними та фізичними показниками, розроблені таблиці нормативних значень кута внутрішнього тертя, питомого зчеплення та модуля деформації в залежності від фізичних показників ґрунту. Зроблені пропозиції по удосконаленню методів розрахунку основ та фундаментів на досліджених ґрунтах. Показана можливість використання фундаментів у пробитих свердловинах у латеритних ґрунтах Камеруну. Розроблені практичні рекомендації по проектуванню основ та фундаментів на цих ґрунтах і намечені перспективні напрямки подальших досліджень.

**ANNOTATION**

Ngappue François. Lateritic soils of territory of Yaoundé (Cameroon) as the soils foundation of buildings and structures. The Ph.D. Thesis in the speciality 05.23.02 Soil mechanics and foundations. The State technical university of construction and architecture, Kiev, 1996.

On the basis of experimental and theoretical researches are investigated chemical, physical and mechanical characteristics of lateritic soils of Cameroon on example of territory of Yaounde, interrelations between mechanical and physical characteristics are established, tables of characteristic values of angle of internal friction, unit cohesion and modules of deformation depending on physical characteristics of the soils are elaborated on. Swelling (shrinkage), collapsibility and dilatancy (contractancy) properties of lateric soils are investigated. The offers on perfection of methods of calculation of the bases and foundations on investigated soils are made. An possibility of application of the foundation in punched chinks in lateritic soils of Cameroon is shown. The practical recommendations for designing of the bases and foundations on these soils are elaborated on and perspective directions of subsequent researches are scheduled.

**Ключевые слова:** Латеритный грунт, химические и минералогические свойства, физико-механические свойства, просадка, набухание (усадка), дилатансия, расчет оснований, фундаменты мелкого заложения, фундамент в пробитной скважине.

Подп. к печ. 02.01.97 Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага тип. № 1 . Способ печати офсетный. Услови. печ. л. 1,0  
Услови. кр.-отт. 2,0 . Уч.-изд. л. 1,0 .  
Тираж 100 . Зак. № 7-71 .

---

Фирма «ВИПОЛ»  
252151, г. Киев, ул. Волинская, 60.

441269



441269

Ar 36.728

**AB 36.728**