



РОДЖЕР ФРАНК

Президент "Международного общества механики грунтов и геотехники".

Университет Париж-Восток, Школа мостостроения, Лаборатория Навье, Геотехническая группа (CERMES), Париж, Франция

E-mail: roger.frank@enpc.fr

ОБЩЕЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЕВРОКОДА 7 «ГЕОТЕХНИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ»

После краткого описания истории разработки Еврокода 7, дается содержание двух данных документов и описаны основные концепции (процедуры верификации и геотехнические категории, характеристические величины, производные величины, верификация предельного состояния по первой группе и предельного состояния по пригодности к эксплуатации, а также допустимые подвижки фундаментов).

Ключевые слова: Еврокод 7, геотехническое проектирование, аварийные предельные состояния, эксплуатационные предельные состояния.

ВВЕДЕНИЕ

Система Еврокодов конструкций включает в себя 10 следующих наборов стандартов (EN обозначает «европейский стандарт»):

EN 1990 Еврокод. Основы проектирования несущих конструкций

EN 1991 Еврокод 1: Воздействия на конструкции

EN 1992 Еврокод 2: Проектирование железобетонных конструкций

EN 1993 Еврокод 3: Проектирование стальных конструкций

EN 1994 Еврокод 4: Проектирование сталежелезобетонных конструкций

EN 1995 Еврокод 5: Проектирование деревянных конструкций

EN 1996 Еврокод 6: Проектирование каменных конструкций

EN 1997 Еврокод 7: Геотехническое проектирование

EN 1998 Еврокод 8: Проектирование сейсмостойких конструкций

EN 1999 Еврокод 9: Проектирование алюминиевых конструкций

Еврокоды конструкций представляют собой нормы проектирования зданий и сооружений. Они основаны на подходе к проектированию по предельным состояниям (LSD) с использованием метода частных коэффициентов.

Все Еврокоды, за исключением EN 1990, разделены на несколько частей. Еврокоды 2, 3, 4, 5, 6 и 9 относятся к конкретным материалам, то есть в них учитываются свойства материала. EN 1990 (Основы проектирования), Еврокод 1 (Воздействия), Еврокод 7 (Геотехническое проектирование) и Еврокод 8 (Сейсмостойкость) относятся ко всем типам строительства, независимо от материала.

В общей сложности было опубликовано 58 частей, и для устранения всех противоречий с национальными

стандартами было отведено время до конца апреля 2010 г.

Еврокод 7 должен использоваться во всех случаях взаимодействия сооружений с грунтом (нескальным и скальным) посредством фундаментов или подпорных сооружений. Он относится не только к зданиям, но и к мостам и другим сооружениям. Еврокод 7 позволяет рассчитывать геотехнические воздействия на сооружения, а также сопротивление грунта воздействию сооружений. В нем также содержатся все предписания и правила, необходимые для надлежащего учета геотехнических аспектов в строительном проекте или, в самом общем случае, в сугубо геотехническом проекте.

В настоящее время Eurocode 7 состоит из двух частей:

EN 1997-1 Геотехническое проектирование. Часть 1. Общие правила (CEN, 2004, 2013);

EN 1997-2 Геотехническое проектирование. Часть 2. Исследования и испытания грунта (CEN, 2007).

После краткого изложения истории разработки Еврокода 7 и перечисления основных вопросов, изложенных в этих двух частях, описаны главные концепции без ссылок на все принципы проектирования по предельным состояниям и используемый метод частных коэффициентов.

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ ЕВРОКОДА 7

Первая группа Еврокода 7, которой поручили подготовить проект европейского стандарта по геотехническому проектированию, была создана в 1981 г. Она состояла из представителей национальных обществ – членов Международного общества по механике грунтов и геотехническому строительству (ISSMGE) из 10 стран, входивших тогда в Европейское сообщество. Первый типовой кодекс общих правил геотехнического проектирования (соответствующий Еврокоду 7, части 1) был опубликован в 1990 (EC7, 1990).

В 1990 г. задача подготовить проекты норм проектирования зданий и сооружений была передана Европейскому комитету по стандартизации (ЕКС/СЕН), и был создан технический комитет ЕКС/ТК 250 (CEN/TC 250), которому поручили работу над всеми строительными Еврокодами. В частности, Еврокодом 7 «Геотехническое проектирование» занимается подкомитет 7 (SC 7). Следует отметить, что ЕСК (CEN) состоит из национальных организаций по стандартизации ряда европейских стран (с 2013 г. членами являются 33 страны, то есть 28 стран – членов ЕС в настоящее время + 3 члена: ЕАСТ, Македония и Турция). Н. Кребс Овесен (N. Krebs Ovesen) (Дания) был первым председателем ЕКС/ТК 250 / SC 7 с 1990 по 1998 гг. Автор статьи был председателем SC 7 с 1998 по 2004 гг. С 2004 по 2010 гг. председателем был Бернд Шуппенер (Bernd Schuppener) (Германия). С 2010 г. председателем является Эндрю Бонд (Andrew Bond) (Великобритания).

В 1993 г. SC 7 принял европейский предварительный стандарт ENV 1997-1 «Геотехническое проектирование. Часть 1. Общие правила» (CEN, 1994). Уже тогда

было понятно, что еще многое предстоит сделать для того, чтобы подготовить в полном объеме европейский стандарт (EN), который будет приемлем для всех членов ЕКС. Благодаря этому важному факту в 1997 г. голосованием было утверждено трансформирование в стандарт EN. Это стало признанием со стороны ЕКС/ТК 250 того факта, что геотехническое проектирование является весьма своеобразным и не может рассматриваться так же, как другие методики проектирования в строительной отрасли. Обычно используемые модели различаются в разных странах и не могут быть легко гармонизированы хотя бы в силу различия геологических условий, которое и порождает «национальные особенности». Такая оценка подтверждается резолюцией, принятой ТК 250 (резолюция № 87, 1996): «ЕКС/ТК 250 признаёт принципиальное положение о том, что EN 1997-1 может быть посвящен исключительно фундаментальным правилам геотехнического проектирования и может дополняться национальными стандартами».

Работа по трансформированию ENV 1997-1 в EN 1997-1 «Геотехническое проектирование. Часть 1. Общие правила» выполнялась с 1997 по 2003 гг. Формальное утверждение членами ЕКС было получено в начале 2004 г., и в конечном итоге ЕКС опубликовал Еврокод 7, часть 1 (EN 1997-1), в ноябре 2004 г. (CEN, 2004).

Проекты двух других предварительных стандартов ENV, которые охватывают геотехническое проектирование с использованием результатов лабораторных и полевых работ, были подготовлены довольно быстро ввиду отсутствия серьезных разногласий. Предварительные стандарты были опубликованы в 1999 (CEN, 1999a и 1999b) и 2001 гг., члены ЕКС проголосовали за их трансформацию в европейский стандарт. Во время трансформации оба документа были объединены в один, озаглавленный «Еврокод 7. Геотехническое проектирование. Часть 2. Исследования и испытания грунта». Формальное утверждение было получено в мае 2006 г., и документ был опубликован в марте 2007г. (CEN, 2007).

Публикацию части Еврокода вместе с национальным приложением на официальном (-ых) языке (-ах) страны национальные организации по стандартизации всех стран должны были завершить в течение двух лет после публикации ЕСК. В национальном приложении указаны решения по так называемым параметрам, установленным на национальном уровне (NDP) (например, по значениям частных коэффициентов, по выбору проектного подхода, по статусу справочных приложений и т. п., см. далее).

Юридический статус стандартов/норм различен в каждой стране, и регулирующие органы различных стран играют важную роль во внедрении Еврокодов. Для координации ввода Еврокодов в национальную нормативную документацию Европейская комиссия подготовила методическую разработку (ЕС, 2003а). Европейская комиссия также выпустила настоятельные рекомендации странам-членам, приглашая их ввести

Еврокоды в нормативную документацию своих стран (ЕС, 2003b). В работе Anagnostopoulos and Frank (2012) приведена более подробная информация о процессе внедрения.

В 2015 г. ЕКС при поддержке Европейской комиссии начал подготовку проектов «Еврокодов конструкций второго поколения». Документация, включающая в себя полный набор пересмотренных Еврокодов конструкций, должна быть подготовлена к 2020 г., после чего ее внедрение в различных странах может быть осуществлено за короткое время. Пересмотренный Eurocode 7 планируется представить в виде трех частей. Часть 1 будет включать в себя и расширять общие правила, изложенные в имеющейся части 1. Часть 2 будет мало отличаться от имеющейся части 2. Часть 3 будет создана из тех разделов имеющейся части 1, которые относятся к специальным геотехническим конструкциям, и будет включать в себя более подробную информацию о проектировании некоторых из них. Поэтому в отдельных разделах будут рассмотрены: откосы, котлованы и насыпи; фундаменты на естественном основании; свайные фундаменты; подпорные стены; анкеры; укрепленные грунтовые конструкции; закрепленный грунт.

СОДЕРЖАНИЕ ДЕЙСТВУЮЩЕЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Часть 1. Общие правила

Еврокод 7, часть 1, представляет собой документ общего характера, излагающий только принципы геотехнического проектирования в общих рамках проектирования по предельным состояниям (LSD). Данные принципы относятся к расчету геотехнических воздействий на конструкции (здания и сооружения) и к проектированию элементов структуры, контактирующих с грунтом (фундаментов, свай, стен подвала и др.). Подробные правила проектирования или расчетные модели, например точные формулы или схемы, приводятся только в справочных приложениях. Как уже упоминалось, это сделано, в основном, из-за того, что проектные модели в геотехнике различаются в разных странах и невозможно достичь консенсуса, особенно с учетом того, что многие из этих моделей по-прежнему нуждаются в калибровке и адаптации к проектному подходу с учетом предельных состояний.

Еврокод 7, часть 1, включает в себя следующие разделы (CEN, 2004, 2013):

- Раздел 1 «Общие положения»
- Раздел 2 «Основа геотехнического проектирования»
- Раздел 3 «Геотехнические данные»
- Раздел 4 «Надзор за строительством, мониторинг и техническое обслуживание»
- Раздел 5 «Насыпи, дренирование, закрепление и армирование грунта»
- Раздел 6 «Фундаменты на естественном основании»
- Раздел 7 «Свайные фундаменты»
- Раздел 8 «Устройство анкеров»

- Раздел 9 «Подпорные сооружения»
- Раздел 10 «Гидравлическое разрушение»
- Раздел 11 «Общая устойчивость»
- Раздел 12 «Насыпи»

Имеется также ряд приложений. Все они являются справочными, за исключением приложения А, которое является нормативным (т. е. обязательным). В EN 1997-1 имеются следующие приложения:

- Приложение А (обязательное) «Частные коэффициенты для аварийных предельных состояний»
- Приложение В «Пояснения к выбору частных коэффициентов для проектных подходов 1, 2 и 3»
- Приложение С «Методы определения предельных величин и давления грунта на вертикальные стены»
- Приложение D «Аналитический метод вычисления несущей способности грунта»
- Приложение E. Полуэмпирический метод определения несущей способности грунта
- Приложение F «Методы вычисления осадок фундаментов»
- Приложение G «Метод расчета предполагаемой несущей способности фундаментов на скальном основании»
- Приложение H «Предельные значения деформаций конструкций и перемещений фундаментов»
- Приложение J «Перечень контрольных проверок при надзоре за строительством и мониторинг»

Приложение А является важным, так как в нем приведены частные коэффициенты для проверки по аварийным предельным состояниям (ULS) в постоянных и переменных проектных ситуациях (основные сочетания), а также коэффициенты корреляции для характеристических значений несущей способности свай. Но в приложении А числовые значения частных коэффициентов или коэффициентов корреляции являются только рекомендованными. Точные значения коэффициентов могут быть изменены в каждой стране национальной организацией по стандартизации в так называемом национальном приложении. Все приложения, кроме А, являются справочными (то есть необязательными с точки зрения нормативности). Тем не менее, в некоторых из них содержатся информативные материалы, которые могут быть приняты в ближайшем будущем большинством стран. В национальном приложении обязательный статус может быть придан одному или нескольким справочным приложениям, и в соответствующей стране оно (они) станет (-ут) обязательным (-и).

Как уже упоминалось, каждая страна имеет возможность дополнить общие правила Еврокода 7 стандартами национального применения, чтобы конкретизировать расчетные модели или правила проектирования, применяемые в данной стране. Независимо от содержания, такие стандарты должны во всех отноше-

ниях следовать принципам Еврокода 7. Например, во Франции для внедрения Еврокода 7 было выпущено 5 национальных стандартов. Они относятся к проектированию внедренных стен, усиленных и подпорных сооружений для крепления грунта, фундаментов глубокого заложения, фундаментов мелкого заложения и подпор соответственно (AFNOR, 2009a, 2009b, 2012, 2013 and 2014).

Часть 2. Исследования и испытания грунта

В этой части Еврокода 7, охватывающей лабораторные и полевые испытания, излагаются существенные требования к оборудованию и методикам испытаний, к составлению отчетности и представлению результатов, к их интерпретации и получению значений геотехнических параметров для проектирования. Требования части 1 дополнены для обеспечения безопасного и экономичного геотехнического проектирования.

Устанавливаются связи между проектными требованиями части 1, в том числе раздела 3 «Геотехнические данные», и результатами ряда лабораторных и полевых исследований.

Вопросы стандартизации геотехнических испытаний здесь не рассматриваются. Для рассмотрения этого вопроса ЕКС создал специальный технический комитет (ТК) «Геотехнические исследования и испытания» (ТК 341). В связи с этим в части 2 Еврокода 7 только используются детализированные правила стандартов испытаний, входящих в компетенцию ТК 341, и даются соответствующие ссылки.

Еврокод 7, часть 2, включает в себя следующие разделы (CEN, 2007):

- Раздел 1 «Общие положения»
- Раздел 2 «Планирование исследований грунтов основания»
- Раздел 3 «Отбор проб скальных и нескальных грунтов и измерения уровня грунтовых вод»
- Раздел 4 «Полевые испытания скальных и нескальных грунтов»
- Раздел 5 «Лабораторные испытания грунтов и пород»
- Раздел 6 «Отчет об инженерно-геологических изысканиях»

Раздел полевых испытаний скальных и нескальных грунтов включает в себя:

- испытания коническим зондом СРТ(U);
- прессиометрические испытания РМТ;
- дилатометрические испытания скальных грунтов RDT;
- стандартные испытания на пенетрацию SPT;
- динамическое зондирование DP;
- испытания статической нагрузкой WST;
- полевые испытания методом вращательного среза FVT;
- испытания плоским дилатометром DMT;
- штамповые испытания PLT.

В разделе лабораторных испытаний нескальных и скальных грунтов рассмотрены следующие вопросы:

- подготовка образцов грунта к испытаниям;

- подготовка образцов скального грунта к испытаниям;
- классификационные испытания, идентификация и характеристика грунта;
- химические исследования грунтов и грунтовых вод;
- определение прочностных характеристик грунтов;
- прочностные испытания грунтов;
- сжимаемость и компрессионные испытания грунтов;
- испытания на степень уплотнения грунта;
- испытания грунта на проницаемость;
- классификационные испытания пород;
- испытания породы на набухание;
- испытания породы на прочность.

Положения определяют использование так называемых «полученных значений» испытаний (см. раздел 4.3). В некоторых положениях даются указания по использованию примерных расчетных моделей из приложений к части 1. В части 2 также имеется ряд справочных приложений с точными примерами полученных значений геотехнических параметров и коэффициентов, обычно используемых при проектировании.

Как и в случае части 1, модели для получения данных и выполнения расчетов являются, в основном, справочными, но имеется заметный консенсус по вопросу их использования в будущем по всей Европе. Во всяком случае, на континенте имеется четкая картина существующих подходов к использованию результатов полевых и лабораторных испытаний в проектировании геотехнических конструкций.

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ЕВРОКОДА 7

Процедуры проверки и геотехнические категории

Дискуссии о проверках при геотехническом проектировании обычно фокусируются на подходах, используемых для выполнения расчетов. Однако следует подчеркнуть, что расчеты не являются единственным средством проверки выполнения основных требований.

В Еврокоде 7, часть 1, фактически предложены различные возможности (пункт 2.1 EN 1997-1):

«(4) Предельные состояния следует проверять по одному из следующих пунктов или по нескольким из них:

- использование расчетов [...];
- назначение предписывающих мероприятий [...];
- экспериментальные модели и испытания нагрузкой [...];
- методы наблюдения [...].»

Данный раздел изложен достаточно четко. Однако полезным будет добавить следующее:

- принятие предписанных мер означает, что в некоторых случаях (см. далее геотехнические категории) можно избежать расчетов, которые могут выглядеть длинными и громоздкими применительно к рассматриваемой проблеме;

- при использовании экспериментальных моделей и испытаний с нагружением следует помнить о том, что геотехническое проектирование и его расчетные правила базируются на мониторинге поведения реальных конструкций с отсылкой в необходимых случаях к полномасштабным испытаниям;
- наконец, упоминание метода наблюдений указывает на одно из направлений современного геотехнического проектирования (в полном соответствии с упомянутыми фундаментальными основами).

В отношении наблюдательного метода в Еврокоде 7 добавлено следующее (пункт 2.7 EN 1997-1):

«(2)Р Необходимо выполнение следующих требований до начала строительства:

- должны быть установлены приемлемые пределы характеристик;
- необходимо оценить возможный диапазон этих характеристик и показать, что имеется приемлемая вероятность того, что реальные характеристики будут находиться в приемлемых пределах;
- должен быть разработан план контроля. Контроль должен показать, лежат ли реальные характеристики в приемлемых пределах. Для выяснения этого контроль необходимо проводить на достаточно ранней стадии и с достаточно короткими интервалами, чтобы позволить успешно предпринять возможные воздействия;
- скорость отклика измерительных приборов и процедуры анализа результатов должны быть достаточно быстрыми, учитывая возможную эволюцию системы;
- должен быть разработан план действий на тот случай, если контроль покажет, что характеристики лежат вне приемлемых пределов».

(Следует учесть: если за номером какого-либо параграфа в Еврокодах стоит буква «Р», это означает, что данный параграф является «принципом», то есть фундаментальным требованием; параграфы, не помеченные буквой «Р», считаются «применяемыми правилами»).

Метод наблюдений в последующие годы будет использоваться намного чаще (см. работу Huybrechts et al., 2005).

Для определения проектных требований и уровней геотехнических изысканий в Еврокоде 7 введены три геотехнические категории (пункт 2.1 EN 1997-1). Можно сказать, что тем самым вводятся «классы последствий» (см. приложение В к EN 1990, CEN, 2002).

Геотехническая категория 1 соответствует простым конструкциям, которые могут быть спроектированы и построены при незначительном риске на основании одного лишь опыта и качественных геотехнических изысканий. К этой категории можно отнести подпорные стенки умеренной высоты или фундаменты на естественном основании частных домов в простых геотехнических условиях (отсутствие проблем с устой-

чивостью, водонасыщением и т. д.).

Геотехническая категория 2 охватывает обычные геотехнические конструкции, которые не связаны с исключительным риском (например, сложными геотехническими условиями или условиями нагружения). Требования Еврокода 7 к расчетам и грунтовым изысканиям в полной мере применяются к конструкциям категории 2 (пункт 2.1 EN 1997-1):

(18) Проекты сооружений геотехнической категории 2 должны обычно включать количественные геотехнические данные и расчет, обеспечивающие выполнение основных требований.

(19) Для проектирования сооружений геотехнической категории 2 можно использовать результаты стандартных методов полевых и лабораторных испытаний, проектирования и выполнения работ.

ПРИМЕЧАНИЕ. Далее приводятся примеры обычных сооружений или их частей, соответствующих геотехнической категории 2:

- фундаменты на естественном основании;
- сплошные фундаментные плиты;
- свайные фундаменты;
- стены и другие сооружения, подпорные и удерживающие грунт или воду;
- земляные выемки;
- мостовые опоры или устои;
- насыпи и земляные сооружения;
- грунтовые анкеры и другие системы креплений;
- тоннели в твердой скальной породе без трещин или не требующие выполнения особой гидроизоляции и других условий.

Категория 3 включает в себя все связанные с необычным риском геотехнические конструкции, применение к которым требований Еврокода 7 может оказаться недостаточным для обеспечения приемлемого уровня безопасности. Риски могут быть обусловлены грунтовыми условиями или условиями нагружения. Примерами конструкций, относящихся к данной категории, являются большие дамбы, фундаменты атомных электростанций, сооружения на неустойчивом грунте и др. В Еврокоде 7 четко указано (пункт 2.1 in EN 1997-1):

«(21) Геотехническая категория 3 обычно включает правила и положения, отличающиеся от правил и положений настоящего стандарта [EN 1997-1]».

Как уже упоминалось, в системе Еврокодов предписанным методом расчета является проектирование по предельным состояниям (LSD) в сочетании с методом частных коэффициентов. Проблемы, возникающие в геотехнических проектах, часто вызваны причинами, которые не связаны с проектными расчетами. Применительно к геотехнической практике в Еврокоде 7, часть 1, также указано следующее (пункт 2.4.1 EN 1997-1):

«(2) Следует учитывать, что знания грунтовых условий зависят от объема и качества геотехнических изысканий. Такие знания и контроль производства работ обычно важнее для выполнения фундаментальных требований, чем точность расчетных

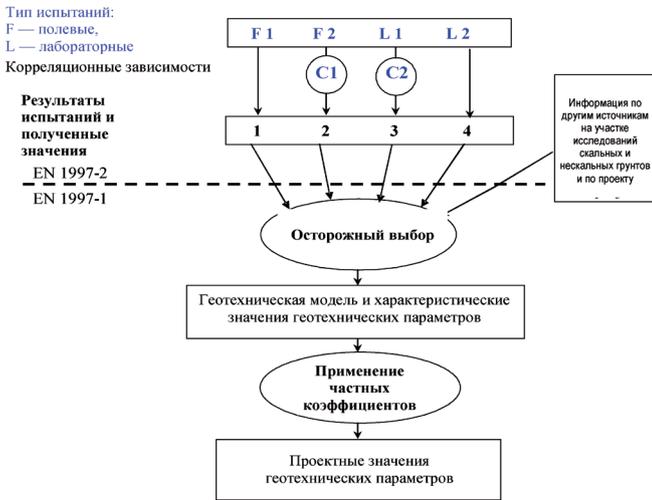


Рис 1. Общая схема для выбора полученных значений, характеристических значений и проектных значений геотехнических характеристик (CEN, 2007).

моделей и частных коэффициентов».

Характеристические значения

Используемая концепция определения характеристических значений геотехнических параметров изложена в следующих пунктах Еврокода 7, часть 1 (пункт 2.4.5.2 EN1997-1):

«(2) Р Характеристическое значение геотехнического параметра должно назначаться как осторожная оценка значения, влияющего на достижение предельного состояния».

«(7) [...] значение определяющего параметра часто принимается равным среднему значению группы значений с большой поверхностью или с большого объема основания. Характеристическое значение должно быть осторожной оценкой этого среднего значения».

Эти пункты в Еврокоде 7, часть 1, отражают мнение о том, что должна быть сохранена возможность использования значений геотехнических параметров, которые применялись в силу традиции (следует признать, что их определение не стандартизировано и часто зависит от индивидуальных суждений геотехника). Однако здесь следует сделать два замечания: с одной стороны, уже введено понятие «полученного значения» геотехнического параметра (предшествующее определению характеристического значения) (см. рисунок 1 и пункт 4.3), а с другой стороны, теперь имеется четкая ссылка на рассматриваемое предельное состояние (это может показаться очевидным, но в любом случае оно объединяет традиционную геотехнику с новым подходом определения предельных состояний) и на оценку среднего значения (а не локального значения; это может оказаться особенностью геотехнического проектирования применительно к большим участкам или большим массам грунта).

Статистические методы упомянуты только как возможные:

«(10) Если [...] используются статистические методы, то такие методы должны быть различными для локального и регионального отбора образцов [...]».

«(11) Если используются статистические методы, то характерное значение должно быть таким, чтобы расчетная вероятность наихудшего значения, от которого зависит наступление рассматриваемого предельного состояния, не превышала бы 5%.

ПРИМЕЧАНИЕ. В данном случае осторожной оценкой средней величины является выбор среднего значения ограниченного набора значений геотехнического параметра с доверительным уровнем вероятности 95%, а осторожной оценкой малого значения является квантиль 5%».

По общему мнению, характеристическое значение геотехнического параметра не может в корне отличаться от традиционно используемого значения. Действительно, в геотехнических изысканиях по большинству проектов существенная статистическая обработка данных не выполняется. Статистические методы, конечно, полезны для очень крупных проектов с оправданным количеством данных.

Полученные значения

Многие геотехнические испытания, особенно полевые, не позволяют непосредственным образом определить основные геотехнические параметры или коэффициенты, например, относящиеся к прочности и деформации. В этом случае значения параметров и коэффициентов должны быть получены с использованием теоретических и эмпирических зависимостей.

Понятие «полученные значения» было введено в ENV 1997-3 (CEN 1999b) для того, чтобы придать требуемый статус корреляциям и моделям, обычно используемым для получения на основании результатов полевых и лабораторных испытаний тех геотехнических параметров и коэффициентов, которые непосредственно используются в проектировании. Они применяются преимущественно для проектирования свайных фундаментов и фундаментов мелкого заложения в соответствии с приложениями D, E, F и G к Еврокоду 7, часть 1.

В Еврокоде 7, часть 2, «полученные значения» определяются как «значения геотехнических параметров, полученные по результатам исследований теоретическими, корреляционными и эмпирическими методами».

Полученные на основании результатов полевых испытаний геотехнические параметры либо вводятся в качестве исходных данных в аналитические или косвенные модели, либо используют в качестве коэффициентов в полуэмпирических или непосредственных моделях при проектировании фундаментов.

Полученные значения геотехнического параметра затем используют в качестве исходных данных при оценке характеристического значения данного параметра в соответствии с Еврокодом 7, часть 1 (раздел 2.4.5.2 EN 1997 1), а уже затем – проектного значения параметра после применения частного коэффициента γ_M («коэффициента свойств материала», пункт 2.4.6.2).

Понятие полученных значений геотехнических

параметров можно уяснить с помощью рисунка 1, взятого из Еврокода 7, часть 2. На рисунке также показана граница между частью 1 (EN 1997-1) и частью 2 (EN 1997-2) Еврокода 7. Можно видеть, что требования, относящиеся к измерению геотехнических свойств, а также к их полученным значениям, входят в часть 2 «Исследования и испытания грунта», а требования, относящиеся к определению характеристических и проектных значений, входят в часть 1 «Общие правила».

Проверки по аварийным предельным состояниям (ULS)

Подлежащие проверке аварийные предельные состояния (ULS) изложены в Еврокоде 7, часть 1, соответственно Еврокоду «Основы проектирования несущих конструкций», следующим образом (CEN 2002) (раздел 2.4.7.1 EN 1997-1):

«(1)Р В случае необходимости производится проверка по следующим предельным состояниям:

- потеря равновесия сооружением и основанием, которые рассматриваются как жесткое тело, в котором прочность конструктивных материалов и грунтов основания недостаточны для обеспечения сопротивления (EQU);
- внутреннее разрушение или чрезмерные деформации сооружения или конструктивных элементов, включая, например, фундаменты, сваи, стены подвала и т.д., в которых прочность конструктивных материалов важна для обеспечения сопротивления (STR);
- разрушение или чрезмерные деформации основания, в котором прочность грунта или горной породы важна для обеспечения сопротивления (GEO);
- потеря равновесия сооружением или основанием из-за увеличения давления воды (взвешивание) или другими вертикальными воздействиями (UPL);
- гидравлический подъем в основании, внутренняя эрозия и образование усадочных раковин в грунте, вызванные наличием гидравлических градиентов (HYD).

ПРИМЕЧАНИЕ. Предельное состояние GEO часто оказывается критическим при назначении размеров конструктивных элементов, связанных с фундаментами или подпорными сооружениями, а иногда с прочностью конструктивных элементов.

Проверку по аварийным предельным состояниям необходимо выполнять для комбинаций воздействий, соответствующих следующим проектным ситуациям (см. EN 1990, CEN, 2002):

- длительным и временным (соответствующие комбинации называются

Таблица 1. Рекомендованные значения частных коэффициентов для воздействий (набор А) согласно EN 1990 (CEN, 2002) — аварийные предельные состояния (ULS) в длительных и временных проектных ситуациях (p&tds).

Воздействие	Обозначение	Значение
Постоянные воздействия		
- неблагоприятные	$\gamma_{G,sup}$	1,10 ⁽¹⁾
- благоприятные	$\gamma_{G,inf}$	0,90 ⁽¹⁾
Переменные воздействия		
- неблагоприятные	γ_Q	1,50
- благоприятные		0

(1) В качестве альтернативного варианта для благоприятных воздействий выполняют умножение на $\gamma_{G,inf} = 1,15$, а для неблагоприятных воздействий — на $\gamma_{G,sup} = 1,35$.

фундаментальными);

- далее для удобства такие проектные ситуации обозначаются p&tds (длительные и временные проектные ситуации);
- случайным;
- сейсмическим (см. также Еврокод 8, часть 5, то есть EN 1998-5).

Проектные значения воздействий и комбинаций воздействий определены в EN 1990 (частные коэффициенты γ для воздействий и коэффициенты ψ для переменных сопровождающих воздействий).

Обсуждение формата проверки по аварийным предельным состояниям (ULS) для случаев GEO и STR относилось к длительным и временным проектным ситуациям (p&tds). Такое обсуждение связано с выводом, сделанным в ENV 1997-1 (CEN, 1994), о том, что проверку по аварийным предельным состояниям применительно к длительным и временным проектным ситуациям следует проводить в двух форматах сочетания воздействий — для классов «В» и «С», как их называли в свое время. «В» относился к проверке неопределенности нагрузок, исходящих от конструкции, а «С» — к неопределенности сопротивления грунта. Одни геотехники были согласны использовать двойную проверку, а другие предпочитали иметь только один формат сочетания воздействий (более подробную информацию можно найти в работе Frank and Magnan, 1999).

Достигнутый между строителями и геотехниками

Таблица 2. Рекомендованные значения частных коэффициентов для воздействий (набор В) согласно EN 1990 (CEN, 2002) — аварийные предельные состояния (ULS) в длительных и временных проектных ситуациях (p&tds).

Воздействие	Обозначение	Значение		
		ф. (6.10)	ф. (6.10a)	ф. (6.10b)
Постоянное				
- неблагоприятное ⁽¹⁾	γ_{Gsup}	1,35	1,35	1,15 ⁽²⁾
- благоприятное ⁽¹⁾	γ_{Ginf}	1,00	1,00	1,00
Переменное				
- неблагоприятное	γ_Q	1,50	1,5 ψ_0	1,50
- благоприятное		0	0	0

(1) Все постоянные воздействия происходящие из одного источника умножаются на γ_{Gsup} ИЛИ γ_{Ginf} .

(2) Значение ξ равно 0,85, поэтому $0,85\gamma_{Gsup} = 0,85 \times 1,35 \approx 1,15$.

Примечание 1. Использование формулы 6.10 или совместно применяемых формул 6.10a и 6.10b определяется в национальном приложении.

Примечание 2. γ_G и γ_Q можно разложить на γ_g и γ_q и коэффициент неопределенности моделирования γ_{Sd} . Рекомендуется значение $\gamma_{Sd} = 1,15$.

консенсус открыл дорогу для использования трех проектных подходов (DA 1, DA 2 и DA 3). Выбор остается за страной: каждая страна должна указать в своем национальном приложении проектный (-е) подход (-ы), используемый (-е) для каждого типа геотехнических конструкций (фундаменты на естественном основании, свайные фундаменты, защитные сооружения, устойчивость откосов).

Вообще говоря, в EN 1990 для проверки ULS—р&tds введены три набора частных коэффициентов, применяемых

Таблица 4. STR/GEO, аварийные предельные состояния (ULS) в длительных и временных проектных ситуациях (р&tds). Частные коэффициенты, используемые согласно EN 1990 и EN 1997-1

Проектный подход	Воздействие на конструкцию / воздействие конструкции	Геотехнические	
		воздействия	сопротивления
1	B	B и M1	M1 и R1
	C	C и M2	M2 и R1 или M1 и R4*
2	B	B и M1	M1 и R2
3	B	C и M2	M2 и R3

* для свай и анкеров

Таблица 3. Рекомендованные значения частных коэффициентов для воздействий (набор C) согласно EN 1990 (CEN, 2002) — аварийные предельные состояния (ULS) в длительных и временных проектных ситуациях (р&tds)

Воздействие	Обозначение	Значение
Постоянные воздействия		
- неблагоприятные	$\gamma_{G,sup}$	1,00
- благоприятные	$\gamma_{G,inf}$	1,00
Переменные воздействия		
- неблагоприятные	γ_Q	1,30
- благоприятные		0

данных таблиц усложняется; см. EN 1997.

Подход 2. Использование проектных значений из таблицы A1.2(B) для геотехнических воздействий и других действий, оказываемых сооружением/на сооружение.

Подход 3. Использование проектных значений из таблицы A1.2(C) для геотехнических воздействий и одновременное использование частных коэффициентов из таблицы A1.2(B) для других воздействий, оказываемых сооружением/на

к характеристическим значениям воздействий: наборы A, B и C:

- набор A используется для проверки статического равновесия конструкции (EQU);
- набор B относится к проектированию конструктивных элементов (STR) без учета геотехнических воздействий;
- наборы B и C относятся к проектированию конструктивных элементов с учетом геотехнических воздействий и сопротивления грунта (STR/GEO).

В таблицах 1, 2 и 3 в упрощенной форме даются рекомендованные значения для зданий для наборов A, B и C, взятые из таблиц A1.2 (A), A1.2(B) и A1.2(C) EN 1990 (CEN, 2002). Приведенные рекомендованные значения могут быть изменены в национальном приложении.

Для STR/GEO ULS в р&tds используются три следующих проектных подхода (пункт A1.3.1 EN 1990):

«(5) Проектирование элементов конструкции (оснований, свай, подвальных стен и т. д.) (STR), для которых необходимо принимать во внимание геотехнические воздействия и сопротивление грунта (GEO), должно выполняться с использованием одного из следующих трех подходов к геотехническим воздействиям и сопротивлениям согласно EN 1997.

Подход 1. Использование в отдельных расчетах проектных значений из таблиц A1.2(C) и A1.2(B) для геотехнических воздействий и других действий, оказываемых сооружением/на сооружение. Как правило, размеры фундаментов определяются по таблице A1.2(C), а сопротивление — по таблице A1.2(B). Примечание: в некоторых случаях использование

сооружение.

ПРИМЕЧАНИЕ. Использование подходов 1, 2 или 3 определяется в национальном приложении».

Другими словами, проектный подход 1 (DA1) представляет собой процедуру двойной проверки, введенную в ENV 1997-1 (проверки B+C), а проектные подходы 2 (DA 2) и 3 (DA 3) являются новыми процедурами с единым форматом сочетаний воздействий. DA 2 разработан с «коэффициентами сопротивления» для грунта (RFA), а в DA 3 используются «коэффициенты свойств материала» для грунта (MFA).

Что касается выбора между формулой 6.10 или формулами 6.10a и 6.10b из EN 1990 (см. таблицу 2 для набора B), в Еврокоде 7 только упоминаются рекомендованные значения коэффициентов, соответствующих формуле 6.10 (таблица A.3 в примечании к параграфу A.3(1)P приложения A к EN 1997-1). Это обусловлено тем фактом, что рекомендованные геотехнические значения получают после нескольких калибровочных исследований, выполненных с использованием значений по формуле 6.10, хотя, с другой стороны, опыт применения формул 6.10a и 6.10b в геотехнике отсутствует.

Кроме того, в Еврокоде 7 разрешается применять частные коэффициенты либо к самим воздействиям (по месту нахождения источника), либо к результатам воздействий (они соотносятся соответственно с γ_F и γ_E). В принципе, для DA 1 они применяются «по месту нахождения источника». Для DA 2 и DA 3 разрешены оба подхода. Это относится к коэффициентам из набора B и набора C (неблагоприятные переменные воздействия).

В таблице 4 устанавливается связь между наборами

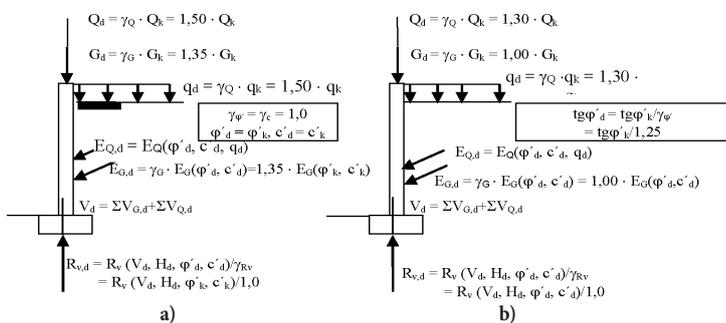


Рис 2. ULS в р&ttds. Проектный подход 1 — введение частных коэффициентов (рекомендованных значений) при проверке несущей способности грунта (Frank et al., 2004). а) DA 1, сочетание 1; б) DA 1, сочетание 2

Примечание: для простоты рассматривается только вертикальное равновесие, причем показаны только неблагоприятные воздействия.

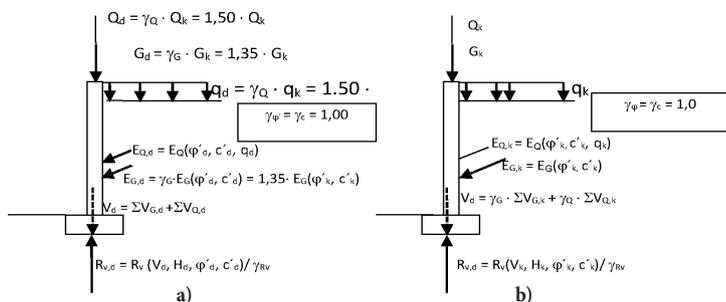


Рис 3. ULS в р&ttds. Проектный подход 2 — введение частных коэффициентов (рекомендованных значений) при проверке несущей способности грунта (Frank et al., 2004). а) Факторные воздействия по месту; б) Факторные эффекты воздействия нахождения источника (DA 2)(DA 2*)

Примечание: для простоты рассматривается только вертикальное равновесие, причем показаны только неблагоприятные воздействия.

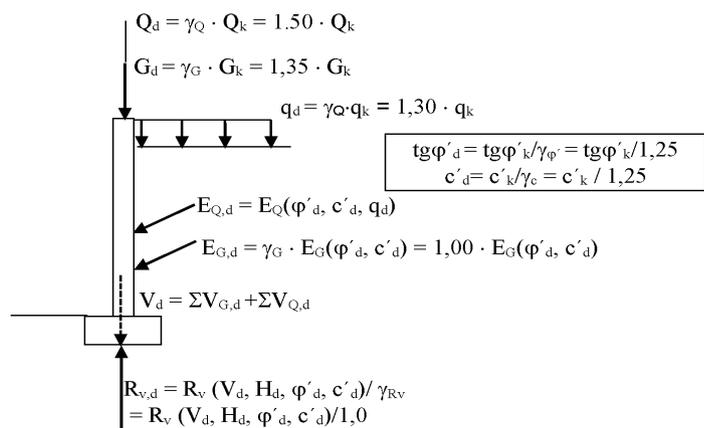


Рис 4. ULS в р&ttds. Проектный подход 3 — введение частных коэффициентов (рекомендованных значений) при проверке несущей способности грунта (Frank et al., 2004).

Примечание: для простоты рассматривается только вертикальное равновесие, причем показаны только неблагоприятные воздействия.

В и С и соответствующими наборами коэффициентов для геотехнических воздействий и сопротивлений: наборами M1 и M2 для свойств материалов (например, c' , ϕ' , c_u и др.) и наборами R1, R2, R3 и R4 для общих сопротивлений (например, несущая способность и т.п.). Данные наборы определены в приложении А к Еврокоду 7, часть 1. Как упоминалось ранее, в приложении А также приводятся рекомендованные значения частных коэффициентов; эти значения могут быть изменены в национальном приложении. Следует обра-

тить внимание на то, что рекомендованные значения частных коэффициентов γ_M для свойств материалов в наборе M1 всегда равны 1,0.

В подходе DA 1 первый формат (сочетание 1, ранее — класс В) относит безопасность преимущественно на воздействия, в то время как коэффициенты сопротивления имеют рекомендованные значения, равные 1,0 (наборы M1 и R1) или примерно равные 1,0 (набор R1 в случае аксиального нагружения свай и анкеров); во втором формате, предусмотренном подходом DA 1 (сочетание 2, ранее — класс С), элементарные свойства грунта (параметры предела прочности на сдвиг) всегда учитываются в расчете геотехнических воздействий и иногда учитываются в расчете сопротивлений (набор M2); в случае аксиально нагружаемых свай и анкеров общее сопротивление непосредственно учитывается при использовании набора R4.

В подходе DA 2 безопасность относится и на воздействия (набор В), и на общее сопротивление грунта (набор R2).

В подходе DA 3 безопасность относится как на воздействия (набор В для воздействий, исходящих от конструкции, и набор M2 для элементарных свойств грунта, воздействующих на конструкцию, то есть для геотехнических воздействий), так и на геотехнические сопротивления (набор M2 для элементарных свойств; рекомендованные значения набора R3 для общего геотехнического сопротивления всегда равны 1,0, за исключением свай в напряженном состоянии и анкеров, для которых они всегда равны 1,1).

Рисунки 2, 3 и 4 вместе с подписями иллюстрируют ситуацию для каждого из трех проектных подходов. Здесь индекс d относится к проектному значению, отличающемуся от характеристического значения (к применению частного коэффициента γ , отличающегося от 1,0), а индекс k относится к проектному значению, равному характеристическому значению (к применению частного коэффициента γ , равного 1,0).

Следует отметить, что могут быть также введены модельные коэффициенты (пункт 2.4.7.1 EN 1997-1):

«(6) При расчете проектного значения сопротивления (R_d) или проектного значения результата воздействий (E_d) могут вводиться коэффициенты модели соответственно ($\gamma_{R,d}$) или ($\gamma_{S,d}$) для того, чтобы результаты проектной расчетной модели были либо точными, либо отклонялись в сторону запаса». Пример использования коэффициента модели для несущей способности свай приводится в работе Burlon et al. (2014).

Более подробная информация об использовании трех проектных подходов приведена, например, в работе Frank et al. (2004).

В отношении проектных значений для случайных ситуаций в Еврокоде 7 говорится только следующее

(пункт 2.4.7.1 EN 1997-1):

«(3) Все значения частных коэффициентов для воздействий или последствий воздействий в аварийных ситуациях должны обычно приниматься равными 1,0. Все значения частных коэффициентов для сопротивлений должны в этом случае выбираться в соответствии с конкретными обстоятельствами аварийной ситуации.

ПРИМЕЧАНИЕ. Значения частных коэффициентов могут быть даны в национальном приложении.

Проверка по эксплуатационным предельным состояниям (SLS)

При разработке Еврокода 7 основные дискуссии велись по поводу формата проверки по аварийным предельным состояниям (ULS) в постоянных и переменных ситуациях. Однако проверка по эксплуатационным предельным состояниям (SLS) является не менее важным вопросом современного геотехнического проектирования. Проблема в полной мере уяснена разработчиками Еврокода 7, в котором действительно часто даются ссылки на расчеты по смещению фундаментов и подпорных конструкций, в то время как общая геотехническая практика, в основном, стремилась до сих пор учесть ситуацию путем ограничения несущей способности или путем ограничения мобилизации сдвиговой прочности грунта относительно низкими значениями.

Предложенная Еврокодом 7 проверка SLS в практическом разрезе (расчет смещения фундаментов), без сомнения, приобретет важное значение в ближайшем будущем. А пока в обычной геотехнической практике этим аспектом часто пренебрегают.

В Еврокоде 7, часть 1, воспроизводится формулировка EN 1990 (пункт 2.4.8 EN 1997-1):

«(1)P Проверка основания или конструкций, элементов или стыков по эксплуатационным предельным состояниям требует выполнения неравенства

$$E_d \leq C_d \quad (2.10)$$

или проводится с помощью метода, изложенного в 2.4.8(4).

(2) Значения частных коэффициентов для эксплуатационных предельных состояний обычно принимаются равными 1,0.

ПРИМЕЧАНИЕ. Значения частных коэффициентов могут быть даны в национальном приложении», где E_d — проектная величина результата воздействия, а C_d — предельная проектная величина (критерий эксплуатационного предельного состояния) для

результата воздействия.

В то же время, в Еврокоде 7 вводится непосредственная возможность придерживаться вышеупомянутого традиционного подхода (пункт 2.4.8 EN 1997-1):

«(4) Можно удостовериться, что в некотором небольшом диапазоне напряжений в грунтах деформации не превысят предельных значений по условиям нормальной эксплуатации, если данный упрощенный подход ограничен следующими условиями:

- величина деформации не требует проверки эксплуатационного предельного состояния;
- имеется установленный сравнительный опыт с аналогичными грунтами, конструкцией и методом применения».

Этот пункт должен находиться во взаимосвязи с другим пунктом, в котором рассматриваются методы проектирования фундаментов на естественном основании (пункт 6.4(5)P EN 1997-1):

«(5)P Для фундаментов на естественном основании используется один из следующих методов расчета:

- прямой метод, в котором выполняются расчеты по каждому предельному состоянию. При проверке по аварийному предельному состоянию расчет должен отражать предполагаемый механизм разрушения. При проверке по эксплуатационному предельному состоянию проводится расчет осадки;
- непрямой метод с использованием сопоставимого опыта и результатов полевых и лабораторных измерений или наблюдений, выбранный для нагрузок, соответствующих эксплуатационным предельным состояниям, так, чтобы выполнить требования всех этих предельных состояний;
- предписанный метод, в котором используется предполагаемая несущая способность (см. 2.5)».

Действительно, косвенный метод, «выбранный для нагрузок, соответствующих эксплуатационным предельным состояниям», восходит к использованию традиционного метода проектирования несущей способности фундаментов на естественном основании, то есть к простому расчету, сравнивающему приложенные нагрузки для эксплуатационных предельных состояний с предельной нагрузкой, деленной на довольно большой глобальный коэффициент безопасности (обычно около 3). Конечно, как отмечено в Еврокоде 7, это действительно только для случая, когда нет необходимости оценивать осадку фундамента.

В параграфе 2.4.8(2) Еврокода 7, часть 1, который воспроизведен выше, указывается, что частные коэффициенты для эксплуатационных предельных состояний (SLS), обычно принимаемые равными 1,0 (иными словами, проектные значения различных переменных принимают равными их характеристическим значениям), применяются к воздействиям в характеристических, частых или квазипостоянных сочетаниях (см. EN 1990), а также к таким геотехническим свойствам,

Таблица 5. Рекомендованные сочетания воздействий для проверки по эксплуатационным предельным состояниям (SLS)

Сочетание воздействий	Использование согласно EN 1990
Характеристическое	Необратимые предельные состояния
Частое	Обратимые предельные состояния
Квазипостоянное	Учет длительных эффектов и оценки внешнего вида

как модуль деформации. Следует отметить, что определение, например, неравномерной осадки предполагает возможность выбора наборов малых и больших характеристических значений для учета изменчивых свойств грунта.

В отношении применения комбинации воздействий к SLS стандарт EN 1990 дает (в редакционных замечаниях) некоторые указания, которые собраны в таблице 5 (пункт 6.5.3 EN 1990).

При использовании формулы 2.10 из пункта 2.4.8(1)P (см. выше) оказывается, что должны быть рекомендованы частые и квазипостоянные сочетания; и наоборот, в случае альтернативного метода, разрешенного пунктом 2.4.8(4), оказывается, что следует использовать характеристические (или «редкие») сочетания вследствие того, что полученный ранее опыт относился скорее к нагрузкам, приближенным к данному типу сочетаний.

В последнем общем пункте Еврокода 7, часть 1, в отношении эксплуатационных предельных состояний (SLS) говорится следующее (пункт 2.4.8 EN 1997-1):

«5)P Ограничением для деформаций является величина, при которой в сооружении может возникнуть

эксплуатационное предельное состояние, например недопустимые трещины или заклинивание дверей. Это предельное состояние согласуется при проектировании сооружения».

Использование данных общих пунктов более подробно изложено в Еврокоде 7, часть 1, для каждой геотехнической конструкции (в разделах фундаментов на естественном основании, свайных фундаментов, подпорных конструкций, общей устойчивости и насыпей). Интересно отметить, что в данном документе несколько раз подчеркивается трудность точного определения смещения (конечно же, при сегодняшнем уровне знаний геотехников).

Ограничения смещений фундаментов

Знание предельных допустимых смещений фундаментов является предметом первостепенной важности, даже если оно не часто используется в явном виде. Эти ограничивающие значения, конечно же, зависят в основном от характера поддерживаемой конструкции и долгое время остаются в центре внимания геотехников (подборка данных, собранных при строительстве зданий и мостов, приводится, например, в работе Frank, 1991).

Ограничивающие значения перемещения фундаментов рассматриваются, в частности, в пункте 2.4.9 и приложении Н (справочном) к Еврокоду 7, часть 1. В пункте 2.4.9 приведено 4 главенствующих принципа, параграфы (1)P—(4)P. В первом из них говорится следующее:

«(1)P При проектировании фундаментов необходимо установить ограничения на перемещения фундаментов.

ПРИМЕЧАНИЕ. Значения допустимых перемещений фундаментов могут быть указаны в национальном приложении».

Более того, рассматриваются, по-видимому, не только SLS (см. выше), но и ULS (поскольку смещение фундаментов может привести к аварийному предельному состоянию (ULS) в поддерживаемой конструкции).

В Еврокоде 7 приведен перечень некоторых коэффициентов, которые должны рассматриваться при определении ограничивающих значений смещения. Необходимо устанавливать эти ограничивающие значения реалистичными, в тесном взаимодействии геотехников с инженерами-строителями. Если значения оказываются слишком жесткими, это ухудшает экономические показатели проекта.

На рисунке 5 определены параметры, используемые для количественной оценки перемещений и деформации конструкций. Этот рисунок, взятый из работы Burland and Wroth (1975), воспроизведен в приложении Н (справочном) к Еврокоду 7, часть 1. В приложении Н воспроизводятся следующие пределы по работе Burland et al. (1977):

- для сооружений с открытым каркасом, с заполнением каркаса и с несущими или сплошными кирпичными стенами максимальные

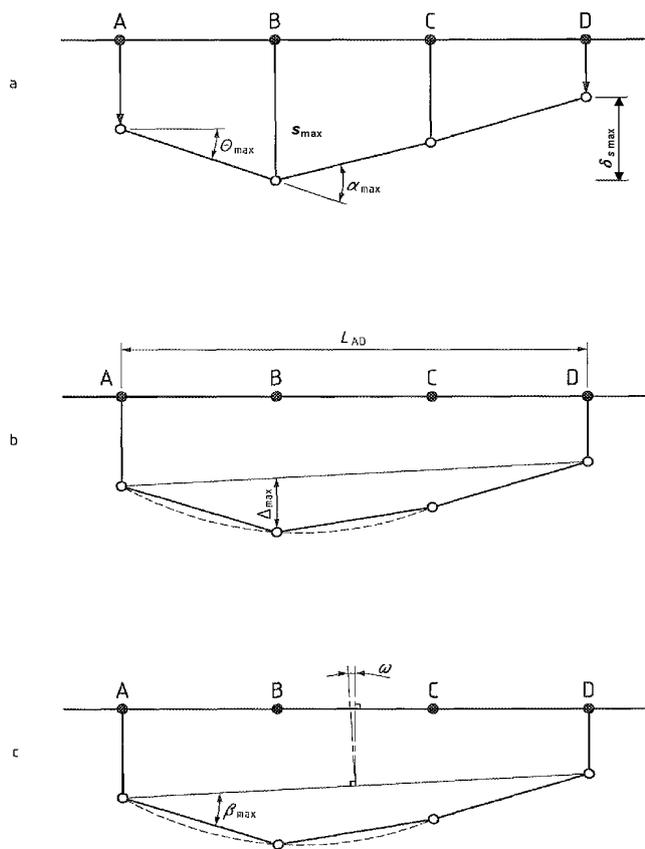


Рис 5. Определение смещений фундамента и деформаций сооружений (CEN, 2004, по материалам Burland and Wroth, 1975).

- a) определение осадки s , неравномерной осадки δ_s , поворота θ и угловой деформации α ;
- b) определение относительного прогиба Δ и отношения прогиба к длине Δ/L ;
- c) определение крена вдоль поперечной оси ω и относительного поворота (углового перекоса) β .

относительные повороты должны находиться в диапазоне от 1/2000 до примерно 1/300, чтобы в сооружении не возникало эксплуатационное предельное состояние (SLS);

- для многих сооружений допустим максимальный относительный поворот $\beta = 1/500$ применительно к эксплуатационным предельным состояниям, а для аварийных предельных состояний $\beta = 1/150$;
- для обычных сооружений на одиночных фундаментах чаще всего допустима осадка до 50 мм.

Эти значения могут служить ориентирами при отсутствии других указаний на предельные значения для деформаций конструкции.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ДРУГИМИ КОМИТЕТАМИ ЕКС

Внутри системы Еврокодов имеется, конечно, множество связей между отдельными стандартами и их частями. Еврокод 7 «Геотехническое проектирование» наиболее тесно связан со следующими стандартами:

- N 1990 «Еврокод. Основы проектирования несущих конструкций», который определяет различные подлежащие проверке предельные состояния и проектные ситуации и формулирует общие правила учета воздействий, оказываемых на конструкцию/конструкцией, а также геотехнических воздействий;
- EN 1998-5 «Еврокод 8. Проектирование сейсмостойких конструкций. Фундаменты, подпорные сооружения и геотехнические аспекты».

Другими техническими комитетами ЕКС, которые занимаются стандартами, относящимися к Еврокоду

7, и с которыми должна осуществляться координация, являются: уже упоминавшийся ЕКС/ТК 341 «Геотехнические изыскания и испытания»; ЕКС/ТК 288 «Строительство геотехнических сооружений»; ЕКС/ТК 189 «Геотекстиль и сопутствующая продукция»; ЕКС/ТК 227 «Дорожные материалы».

Стандарты по строительству (ТК 288) и геотехническим испытаниям (ТК 341) имеют исключительную важность, так как они дополняют Еврокод 7, который посвящен исключительно проектированию.

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Разработка общей основы для геотехнического проектирования во всех странах Европы, то есть Еврокода 7, началась более 30 лет назад. С тех пор достигнут определенный прогресс, и соответствующие стандарты/коды в настоящее время применяются в различных странах.

Независимо от своего точного правового статуса в отдельных странах, Еврокод 7 является очень важным для всей строительной отрасли. Он задуман как инструмент, помогающий европейским геотехническим инженерам говорить на одном техническом языке, как инструмент, необходимый для диалога между геотехниками и инженерами-строителями.

Еврокод 7 способствует проведению исследований. Очевидно, что он стимулирует постановку вопросов сегодняшней геотехнической практики, от грунтовых изысканий до проектных моделей.

Существует уверенность в том, что он окажется весьма полезен многим геотехникам и инженерам-строителям всего мира, а не только Европы.

Примітки:

публікацію переведено з англійської мови
дата надходження авторського оригіналу в редакцію 12.01.17

REFERENCES

- AFNOR (2009a) Calcul géotechnique - Ouvrages de soutènement - Écrans, norme NF P94-282, mars 2009, 182 pages.
- AFNOR (2009b) Calcul géotechnique - Ouvrages de soutènement - Remblais renforcés et massifs en sol cloué, norme NF P94-270, juillet 2009, 186 pages.
- AFNOR (2012) Justification des ouvrages géotechniques - Normes d'application nationale de l'Eurocode 7 - Fondations profondes, norme NF P 94-262, juillet 2012 (2e tirage, janvier 2013), 206 pages.
- AFNOR (2013) Justification des ouvrages géotechniques - Normes d'application nationale de l'Eurocode 7 - Fondations superficielles, norme NF P 94-261, june 2013, 124 pages.
- AFNOR (2014) Justification des ouvrages géotechniques - Normes d'application nationale de l'Eurocode 7 - Ouvrages de soutènement - Murs, norme NF P 94-281, avril 2014, 93 pages.
- Anagnostopoulos, A. and Frank, R. (2012) EC7: Eurocode 7: an "umbrella code" its implementation, evolution and impact worldwide, Proc 6th Panhellenic Conf on Geotechnical and Geoenvironmental Engng (6^o Panhellenio Synedrio Geotechnikis kai Geoperivallondikis Michanikis), Volos, 29 September-1st October 2010, vol. 4, 2012, pp. 170-178.
- Burland, J.B., Broms, B.B. and De Mello, V.F.B. (1977). Behaviour of foundations and structures. Proc. 9th Int. Conf. Soil Mechs & Fdn Engng, Tokyo 2: 495-546.
- Burland J.B. and Wroth C.P. (1975) Settlement of buildings and associated damage, Review Paper, Session V. Proc. Conf. Settlement of Structures, Cambridge: 611-654. Pentech Press, London.
- Burlon S., Frank R., Baguelin F., Habert J., Legrand S. (2014). "Model factor for the bearing capacity of piles from pressuremeter test results. A Eurocode 7 approach", Géotechnique 64, No. 7, 513-525 [http://dx.doi.org/10.1680/geot.13.P.061].
- CEN (1994). Eurocode 7 Geotechnical design - Part 1: General Rules. Pre-standard ENV 1997-1. European Committee for Standardization (CEN): Brussels.
- CEN (1999a). Eurocode 7 Geotechnical design - Part 2: Geotechnical design assisted by Laboratory Testing. Pre-standard ENV 1997-2. European Committee for Standardization: Brussels.
- CEN (1999b). Eurocode 7 Geotechnical design - Part 3: Geotechnical design assisted by Field Testing. Pre-standard ENV 1997-3.

- European Committee for Standardization: Brussels.
- CEN (2002). Eurocode: Basis of structural design. European standard, EN 1990 : 2002. European Committee for Standardization: Brussels.
- CEN (2004, 2013). Eurocode 7: Geotechnical design - Part 1: General rules, EN 1997-1:2004 (E), (F) and (G), November 2004, EN 1997-1:2004/AC (corrigendum), February 2009, NF EN 1997-1/A1 (Amendment for Section 8), 2013, European Committee for Standardization: Brussels.
- CEN (2007). Eurocode 7: Geotechnical design - Part 2: Ground investigation and testing. EN1997-2:2007 (E), March 2007, EN 1997-2:2004/AC (corrigendum), June 2010, European Committee for Standardization: Brussels.
- EC (2003a). Guidance Paper L. Application and use of the Eurocodes, ref.: CONSTRUCT 03/629 Rev.1 (27 November 2003), European Commission, Brussels.
- EC (2003b). Commission recommendation of 11 December 2003 on the implementation and use of Eurocodes for construction works and structural construction products (2003/887/EC), Official Journal of the European Union, 19.12.2003, EN, L 332/62 & 63.
- EC 7 (1990). Eurocode 7: Geotechnics. Preliminary draft for the European Communities, Geotechnik, 1990/1.
- Frank R. (1991). Quelques développements récents sur le comportement des fondations superficielles. Rapport général, Session 3, Comptes rendus 10ème Cong. Européen Méca. Sols et Tr. Fond., Florence, 26-30 mai, vol. 3, pp. 1003-1030. (English version: Some recent developments on the behaviour of shallow foundations. General report, Proc. 10th European Conf. Soil Mechs & Fdn Engng, Florence, 26-30 May, vol. 4, pp. 1115-1141, 1994).
- Frank R., Bauduin C., Driscoll R., Kavvas M., Krebs Ovesen N., Orr T., Schuppener B. (2004). Designer's guide to EN 1997 Eurocode 7 – Geotechnical design, Thomas Telford, London, 216 pages.
- Frank, R. & Magnan J.P. (1999). Quelques réflexions sur la vérification des états limites ultimes suivant l'Eurocode 7 (in French - A few thoughts about ultimate limit states verifications following Eurocode 7). Workshop on the Eurocodes, Proc. 12th European conf. soil mechs. & geot. engng, 7-10 June, Amsterdam, vol. 3: 2179-2183.
- Huybrechts N., Patel D., De Vos M. (2005). The use of the observational method. Final Report WP3 on Innovative design methods in geotechnical engineering European network 'GeoTechNet'.

РОДЖЕР ФРАНК

Президент "Міжнародного товариства механіки ґрунтів і геотехніки".

Університет Париж-Схід, Школа мостобудування, Лабораторія Нав'є, Геотехнічна група (CERMES), Париж, Франція

E-mail: roger.frank@enpc.fr

ЗАГАЛЬНЕ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ЄВРОКОДА 7 "ГЕОТЕХНІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ"

Резюме

Предметом роботи є дослідження єврокодів 7 в загальній системі Єврокодів. Єврокод 7 використовується в випадках взаємодії будівель і споруд з ґрунтом. Мета роботи - показати значення даного документа як інструмента для діалогу між Геотехнік і інженерами-будівельниками.

Методологія роботи базується на викладі більш тридцятирічної історії розробки єврокодів 7 і поданні двох частин документа: загальні правила і дослідження, випробування ґрунту.

Виділено основні принципи проектування за граничними станами і використання методу приватних коефіцієнтів. Обґрунтовано концепцію розміщення докладних правил проектування в національних програмах.

Представлені дослідження стануть у нагоді Геотехнік і інженерам-будівельникам Європи, а також для фахівців, що працюють на інших континентах.

В результаті роботи досягнуто прогресу застосування єврокодів 7 і показана його важливість для різних країн. При цьому з'явилися нові питання, від інженерно-геологічних вишукувань до розробки розрахункових моделей, які ставить сьогодні Геотехнічна практика, що сприяє проведенню подальших досліджень.

Ключові слова: Єврокод 7, геотехнічне проектування, аварійні граничні стани, експлуатаційні граничні стани.

ROGER FRANK

President of the International Society of Soil and Geotechnics Mechanics.

Paris-East University, Bridge Building School, Navier Laboratory, Geotechnical Group (CERMES), Paris, France

E-mail: roger.frank@enpc.fr

GENERAL PRESENTATION OF EUROCODE 7 ON "GEOTECHNICAL DESIGN"

Summary

The subject of the paper is the study of Eurocode 7 in the common Eurocode system. Eurocode 7 is used in cases of interaction of buildings and structures with soil. The purpose of the work is to show the values of this document as a tool for dialogue between geotechnicians and civil engineers.

The methodology is based on a more than 30-year history of the development of Eurocode 7 and the presentation of two parts of the document: general rules and research, soil testing.

The main design principles for limiting states and the use of the method of partial coefficients are singled out. The concept of placing detailed design rules in national applications is grounded.

The presented studies will be useful for geotechnicians and construction engineers of Europe, as well as for specialists working on other continents.

As a result of the work, progress has been made in applying Eurocode 7 and its importance for different countries is shown. At the same time, new questions emerged, from engineering and geological surveys to the development of computational models, which are now geotechnical practices, which facilitates further research.

Key words: Eurocode 7, geotechnical design, emergency limit states, operational limit states.