ЕВРОКОД 7 – ЕВРОПЕЙСКИЕ НОРМЫ ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Лекция, прочитанная на Международном семинаре в Санкт-Петербурге (17–19 июня 2004 г.)

Р. ФРАНК *– профессор, Исследовательский центр механики грунтов (CERMES, ENPC-LCPC), Париж, Франция.*
Член Координационного совета ISSMGE, председатель комитета CEN/TC 250/SC 7, ответственный за разработку Еврокода 7 (1998–2004).

Еврокод 7, в котором рассматриваются вопросы геотехнического проектирования, состоит из двух частей: «Общие нормы» (ч. 1) и «Исследование и испытание грунта» (ч. 2). В 1990-е гг. были опубликованы соответствующие предварительные стандарты. К июню 2004 г. была почти завершена их доработка и созданы Европейские нормы (EH). В этом году была принята первая часть Еврокода, а вторая часть обсуждается в технических комитетах.
В данной статье приводятся историческая справка, сроки для представления, содержание и основные положения EH для Еврокода 7. Рассматриваются отдельные темы и понятия (собственные значения, производные величины, выверка предельных состояний в рамках долгосрочного и кратковременного проектирования). В заключение показана взаимосвязь Еврокода 7 с другими европейскими и международными нормами.

ВВЕДЕНИЕ. ПРОГРАММА ЕВРОКОДОВ

Система строительных Еврокодов будет состоять из 10 частей, в каждой из которых представлена определенная группа стандартов (EH – Европейские нормы): EH 1990 Еврокод: Основы строительного проектирования; EH 1991 Еврокод 1: Действия по сооружению конструкций; EH 1992 Еврокод 2: Проектирование бетонных конструкций; EH 1993 Еврокод 3: Проектирование стальных конструкций; EH 1994 Еврокод 4: Проектирование составных железобетонных конструкций; EH 1995 Еврокод 5: Проектирование деревянных конструкций; EH 1996 Еврокод 6: Проектирование каменных конструкций; EH 1997 Еврокод 7: Геотехническое проектирование; EH 1998 Еврокод 8: Проектирование сооружений в сейсмически активных районах; EH 1999 Еврокод 9: Проектирование алюминиевых конструкций.

© Р. Франк, 2005

Строительные Еврокоды представляют собой нормы для проектирования зданий и проведения строительных работ. В их основе лежит теория предельных состояний, а также метод частного коэффициента надежности. Все Еврокоды, кроме EH 1990, делятся на несколько частей. Еврокоды 2, 3, 4, 5 и 9 – стандарты по применению определенных строительных материалов. EH 1990, Еврокод 7 и Еврокод 8 могут применяться ко всем видам конструкций, независимо от материала, из которого они выполнены.

Изначально Еврокод 7 по геотехническому проектированию состоял из трех частей, поэтому были опубликованы три предварительных стандарта (ENV – Европейский предварительных стандарт): ENV 1997-1 Ч. 1: Геотехническое проектирование – Общие нормы (1994); ENV 1997-2 Ч. 2: Геотехническое проектирование – Проектирование при помощи лабораторных испытаний (1999); ENV 1997-3 Ч. 3: Геотехническое проектирование – Проектирование при помощи полевых испытаний (1999). В настоящие время 2-я и 3-

я части объединены (для представления в виде EH) в документе под названием «Часть 2: Геотехническое проектирование – исследование и испытание грунта».

В данной статье обобщаются основные положения Еврокода 7, однако принципы построения теории предельных состояний и метода частного коэффициента надежности не объясняются. В последние годы разработка Еврокода 7 велась с учетом EH 1990 «Еврокод: Основание для проектирования конструкций». Необходимо отметить, что EH 1990 формально принят, опубликован, а следовательно, доступен.

1. ИСТОРИЯ РАЗРАБОТКИ ЕВРОКОДА 7 И СРОКИ ЕГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ

1.1. История разработки

Первая группа по разработке Еврокода 7, ответственная за создание европейского стандарта в области геотехнического проектирования, была создана в 1981 г. Ее возглавлял Н. Кребс Овесен (Дания), сюда входили представители национальных обществ по геотехническому строительству из стран-участниц Европейского союза. В 1981 г. в него входили: Бельгия, Дания, Франция, Германия, Греция, Ирландия, Италия, Люксембург, Нидерланды и Великобритания, в 1986 г. к ним присоединились Испания и Португалия, в 1995 г. – Австрия, Финляндия и Швеция, в 2004 г. – Кипр, Чехия, Эстония. Венгрия, Латвия, Литва, Мальта, Польша, Словакия и Словения. Таким образом, сегодня в Европейский союз входят 25 стран.

В 1987 г. был создан и опубликован первый проект общих рекомендаций по геотехническому проектированию, соответствующий 1-й части Еврокода 7 (Еврокод 7, 1990).

В 1989 г. вопросами разработки норм в области проектирования и строительства стал заниматься Европейский комитет по стандартизации (CEN), а CEN/TC 250 (Технический комитет 250) стал отвечать за «Конструкторские Еврокоды». За подготовку Еврокода 7 «Геотехническое проектирование» отвечает SC 7, 7-й подкомитет.

С января 2004 г. в CEN входят 28 национальных комиссий по разработке стандартов из 25 стран-участниц Европейского союза, а также три члена EFTA – Исландия, Норвегия и Швейцария. Соответствующие органы стран Центральной и Восточной Европы являются потенциальными участниками и готовятся к вступлению в него.

Н. Кребс Овесен возглавлял CEN/TC 250/SC 7 с 1988 по 1998 г. С 1998 г. по май 2004 г. председателем комитета являлся автор данной статьи. С июня 2004 г. CEN/TC 250/SC 7 возглавляет Бернд Шуппернер (Германия), который в 1998–2004 гг. был его вице-председателем.

В 1993 г. SC 7 принял предварительный стандарт ENV 1997-1: «Геотехническое проектирование. Часть 1: Общие нормы», созданный командой по разработке проекта 1, в которую входили Н. Кребс Овесен (председатель, Дания), Т. Орр (секретарь, Ирландия), Ф. Багелин (Франция), У. Хейенен (Нидерланды), Е. Марана да Невес (Португалия), Б. Симпсон (Великобритания) и Ю. Смольчик (Германия). В октябре 1994 г. ENV 1997-1 были опубликованы на английском языке (CEN, 1994), в 1995–1996 гг. переведены на французский и немецкий.

Но уже в то время стало очевидно, что для принятия общего Европейского стандарта нужно еще сделать многое. В январе 1997 г., незадолго до официального принятия Европейских норм (май 1997 г.), начала действовать Рабочая группа 1, в которую тогда входили представители 19 стран.

Положительному решению вопроса о Европейских нормах способствовало признание CEN/TC 250 того, что геотехническое проектирование – уникальная отрасль, которая отличается от всех остальных видов проектирования, используемых в строительной практике. Методы, обычно применяемые в разных странах, различаются, поэтому их трудно объединить, хотя бы из-за различия инженерно-геологических условий и местных традиций. Это положение было учтено в резолюции TC 250 (Резолюция №87, Париж, 6 сентября 1996 г.): «CEN/TC 250 признает, что ENV 1997-1 посвящается фундаментальным принципам геотехнического проектирования с учетом национальных стандартов».

Процесс преобразования ENV 1997-1 в EH 1997-1: «Геотехническое проектирование.

Часть 1: Общие нормы» уже завершен. Разработка документа являлась одной из задач, поставленных перед проектной командой, в которую входили Ю. Смольчик (председатель, Германия), С. Баудуин (Бельгия), Г. Боско (Италия), Р. Дрисколл (Великобритания), а также Р. Франк и Б. Шуппернер. Голосование по проекту проходило на трех языках (рабочие языки CEN: английский, французский, немецкий) в январе 2004 г. (CEN 2004), и он был утвержден практически единогласно (26 стран из 28 проголосовали «за»).

Изначально в Еврокод 7 входили еще две части: часть 2, посвященная геотехническому проектированию на основании лабораторных ис_пытаний, и часть 3, где рассматривались вопросы геотехнического проектирования при помощи полевых испытаний. Проектные команды 2 и 3 разработали соответствующие ENV (ENV 197-2, ENV 197-3), утвержденные Техническим комитетом в 1997 г. Работа продвигалась быстро (1994–1996 гг.), поскольку существенных разногласий не возникало.

Эти предварительные стандарты были опубликованы в CEN в 1999 г. на английском языке (CEN 1999 а, 1999 б), а в 2000–2001 гг. – на французском и немецком. В октябре 2001 г. члены CEN приняли эти стандарты с целью их преобразования в Европейские нормы. В январе 2002 г. начали работу две проектные команды (SC 7/PT 2и PT 3), отвечающие за этот процесс. Обе группы возглавлял Н. Фоджед (Дания). Они объединили два документа и к декабрю 2002 г. подготовили первый проект для EH 1997-2: «Геотехническое проектирование. Часть 2: Исследования и испытания грунта». Технические положения окончательного проекта были утверждены SC 7 (CEN 2003), и в настоящее время он готовится к публикации.

1.2. Сроки для представления

Что касается части 1 (EH 1997-2: Геотехническое проектирование: Общие нормы»), после ее принятии предполагается опубликовать данные стандарты на трех языках (английском, немецком, французском), таким образом, окончательная версия станет общедоступной летом 2004 г.

Перевод и издание итоговой версии второй части (EH 1997-2 «Геотехническое проектирование: Исследование и испытание грунта»), будут завершены летом 2004 г., а голосование на трех языках пройдет в октябре 2004 г.

Публикация соответствующих частей Еврокода, в том числе и Национального приложения (на государственном языке каждой страны-участницы), осуществляемая национальными комиссиями по стандартизации, должна быть завершена через 2 года после выхода издания CEN. Это позволяет не только перевести документ (если в стране говорят не на английском, французском или немецком языке), но и адаптировать его к национальным реалиям (фиксация параметров, применяемых в той или иной стране, внесение дополнений, отражающих специфику национального строительства и т. д.)

Затем наступает период так называемого «сосуществования» с другими национальными стандартами. В принципе, он не должен продолжаться более трех лет. Но, что касается данного Еврокода и его составных частей, то дата отмены прежних норм, действовавших в той же области, зависит от того, насколько национальная система стандартизации отличается от Еврокодов и как предыдущие Еврокоды согласуются с новым. Так определяются группы Еврокодов (или их частей), и когда вся система сбалансирована, можно отменять национальные стандарты. Предполагается, что первые группы Еврокодов, включающих Еврокод 7 (ч. 1), будут относиться к проектированию бетонных сооружений (Еврокод 2, группа 2/1) и стальных конструкций (Еврокод 3, группа 3/1).

Кроме того, юридический статус стандартов или норм зависит от конкретной страны, поэтому в повсеместном обязательном принятии Еврокодов особую роль играют законодательные органы. В 1999 г. Европейская комиссия организовала группу национальных корреспондентов по вопросам Еврокодов, которая тесно сотрудничает с CEN/TC 250. Эта группа разработала «Руководство» для координации усилий по принятию Еврокодов на национальном законодательном уровне (CE, 2003 а), а также рекомендации для стран-участниц, призывающие включить Еврокоды в систему национальных стандартов отдельных стран (CE, 2003 б).

2. СОДЕРЖАНИЕ ДОКУМЕНТОВ

2.1. Часть 1: Общие нормы

Еврокод 7, часть 1 – достаточно общий документ, в котором описываются принципы геотехнического проектирования с учетом теории предельных состояний. Эти принципы соотносятся с расчетами геотехнических воздействий на конструкции (здания и сооружения) и процессом проектирования элементов конструкций, взаимодействующих с грунтом (фундаменты, сваи, стены подвалов и т. д.). В информативных приложениях приводятся детально прописанные нормы проектирования, т. е. точные формулы или графики. Как уже говорилось, такая организация документа – результат того, что методы геотехнического проектирования, применяемые в разных странах, различаются, их невозможно свести к единому стандарту, прежде всего поскольку не все подходы строятся на теории предельных состояний.

В ходе обсуждений по преобразованию ENV 1997, ч. 1 в EH, проходивших в SC 7, затрагивались следующие вопросы:

определение собственных значений для геотехнических параметров (см. ниже, разд. 4);

нагружение с целью проверки предельного состояния в ходе долгосрочного и кратковременного проектирования – положения А, Б и В в ENV 1997-1 (см. разд. 4);

отдельные стандарты для насыпей и откосов и разработка раздела (главы), в котором рассматривались бы проблемы общей устойчивости;

новые разделы по вопросам анкерования и гидравлического разрушения;

особые проблемы, с которыми сталкиваются страны Южной Европы.

Таким образом, в первую часть Еврокода 7 входят следующие разделы (CEN 2004): 1. Общие положения. 2. Основание для геотехнического проектирования. 3. Геотехнические данные. 4. Наблюдение за проведением строительных работ, мониторинг и техническая поддержка. 5. Устройство насыпей, процесс осушения, улучшение и укрепление грунта. 6. Фундаменты на естественном основании. 7. Свайные фундаменты. 8. Анкерование. 9. Подпорные сооружения. 10. Гидравлическое разрушение. 11. Общая устойчивость конструкции. 12. Насыпи.

В Европейские нормы вошли новые разделы (8, 10 и 11), которые не включались в предварительные стандарты (УТМ 1997-1б СУТ 1994). Появился также целый ряд новых приложений, в которых приводятся информативные положения, кроме приложения А (оно является нормативным). Приложение А представляет особый интерес, поскольку здесь рассматриваются частные коэффициенты надежности для определения предельных состояний для долгосрочных и кратковременных проектов (и методы проектирования составных фундаментов), а также факторы корреляции для определения собственных значений, характеризующих несущую способность свай. Однако численные значения, приведенные в прил. 1, – это лишь рекомендуемые величины для определения частных коэффициентов надежности и корреляционных факторов. Точные значения этих факторов устанавливаются на уровне конкретной страны и размещаются в так называемом национальном приложении. Все остальные приложения носят информативный характер (т. е., с точки зрения стандартизации, не являются обязательными). Тем не менее в них содержатся ценные данные, которые в будущем могут быть полезны для всех стран. В EH 1997-1 входят приложения: А (нормативное). Частные коэффициенты надежности для предельных состояний. В. Основная информация по частным коэффициентам надежности для проектировочных подходов 1, 2, 3. С. Примеры процедур определения предельных величин давления грунта на вертикальные стены. D. Аналитический метод расчета несущей способности. Е. Полуэмпирический метод расчета несущей способности. F. Методы расчета осадок. G. Метод прогнозирования несущей способности фундаментов на естественном основании, построенных на скальных породах. Н. Ограничение перемещений фундаментов и деформаций конструкций. I. Перечень методов наблюдения за строительными работами и мониторинг сооружений.

2.2. Часть 2: Исследование и испытание грунта

Во второй части Еврокода 7, посвященной лабораторным и полевым испытаниям, приведены базовые требования к оборудованию и процедурам испытания, представлению и интерпретации их результатов, а также к расчету геотехнических параметров, используемых для проектирования. Эти положения дополняют нормы, приведенные в первой части, что обеспечивает надежность и экономичность геотехнического проектирования. Эта часть объясняет применение стандартов части 1, в особенности из раздела 3. Геотехнические данные. Здесь также приводятся результаты лабораторных и полевых испытаний.

Однако в данной части не представлена стандартизация самих геотехнических испытаний. Для этого в рамках CEN был создан новый технический комитет (TC 341), занимающийся вопросами геотехнических исследований и испытаний. Так, вторая часть Еврокода 7 отсылает к детальным нормам в области стандартов для испытаний, входящих в компетенцию TC 341.

В окончательный проект EH 1997-2 входили следующие разделы (CEN 2003): 1. Общие положения. 2. Планирование процесса исследования грунта. 3. Выборка образцов грунтов и скальных пород и измерение уровня грунтовых вод. 4. Полевые испытания грунтов и скальных пород. 5. Лабораторные испытания грунтов и скальных пород. 6 Отчет по результатам исследования грунта.

В разделе 4 рассматриваются следующие виды испытаний: CPT; испытания с целью измерения давления PMT; дилатометрические испытания скальных пород RDT; SPT (испытания на стандартную пенетрацию); динамические испытания на пенетрацию (DP); испытания с использованием тяжелого зондирования (WST); полевые испытания крыльчаткой (FVT); испытания с использованием плоских дилатометров (DMT); штамповые испытания (PLT).

В разделе 5 рассматриваются следующие виды испытаний: подготовка образцов грунта для испытания; подготовка образцов скальных пород для испытания; испытания с целью классификации, идентификации и описания грунтов; химические испытания грунтов и грунтовых вод; испытание грунтов на прочность; испытания компрессионных и деформационных свойств грунтов; испытания грунтов на уплотнение; фильтрационные испытания грунтов; классификационные испытания скальных пород; испытание скальных пород на набухание; испытание скальных пород на прочность.

В EH даются рекомендации по определению и использованию так называемых производных величин, измеряемых в ходе испытаний (см. ниже, разд. 4.3). В некоторых из них приводится руководство по использованию методов для расчета параметров образцов, приведенных в приложениях к ч. 1. Поэтому в ч. 2 также содержится ряд информативных приложений с примерами производных величин геотехнических параметров и коэффициентов, которые обычно используются при проектировании.

Как и для первой части, большинство методов определения производных и расчетов носят информативный характер, однако уже намечается тенденция их использования во всех европейских странах. Таким образом, здесь приводятся примеры всех подходов, которые применяются для использования результатов полевых и лабораторных испытаний при геотехническом проектировании.

3. НЕКОТОРЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ЕВРОКОДА 7

3.1. Процедуры проверок

При обсуждении вопросов выверки геотехнических проектов особое внимание уделяется расчетам. Однако существуют и другие способы проверки, отвечающие соответствующим требованиям. В ч. 1 Еврокода 7 говорится (§ 2.1.EH 1997-1), что для определения предельных состояний могут применяться следующие методы: расчеты; предписываемые измерения; создание экспериментальных моделей; испытание на нагрузку; метод наблюдений и т. д.

Как уже упоминалось, в системе Еврокодов для определения предельных состояний расчетный метод применяется вместе с методом частных коэффициентов надежности.

Часто в ходе выполнения геотехнических проектов возникают проблемы, не связанные с расчетами при проектировании. В ч. 1 Еврокода 7 также рассматриваются вопросы геотехнической практики: «необходимо учитывать, что объем сведений о состоянии грунта зависит от качества и масштаба геотехнических исследований. Обычно эти знания, а также контроль качества выполняемых работ более значимы для выполнения фундаментальных требований, нежели точность расчетных моделей и частных коэффициентов».

3.2. Характеристические значения

В ч. 1 Еврокода 7 приводится концепция определения собственных значений геотехнических параметров (§ 2.4.5.2 EH 1997-1), содержащая следующие положения: «Характеристические значения геотехнических параметров должны определяться на основании точных расчетов величин, от которых зависит возникновение предельных состояний». « <…> часто ведущий параметр – диапазон средних величин, определяемых для большой поверхности или объема грунта. И собственное значение – точный расчет данной средней величины».

Статистические методы рассматриваются лишь как возможное решение: «При использовании статистических методов должны учитываться различия между локальной и региональной выборками образцов». «При использовании статистических методов характеристические значения определяются таким образом, чтобы вычисленная вероятность нижних значений для оценки предельных состояний не превышала 5%.

Примечание. В данном случае точное вычисление среднего значения основывается на средних величинах геотехнических параметров. Тогда степень доверительной вероятности составит 95% (с учетом локальных аварий), а расчетная нижняя величины равна 5% квантиля».

Учитывая опыт работы во многих странах, стоит отметить, что собственные значения геотехнических параметров незначительно отличаются от традиционно используемых величин. На самом деле, в большинстве случаев тщательный анализ статистических данных не проводится. Статистические методы могут применяться для широкомасштабных проектов, где объем данных позволяет проводить данные исследования.

3.3. Производные величины

В ходе целого ряда геотехнических испытаний, в частности полевых испытаний, нельзя сразу определить базовые геотехнические параметры или коэффициенты, например прочность и деформацию. Вместо них используются теоретические или эмпирические соотношения.

Впервые концепция производных величин была представлена в ENV 1997-3 (CEN 1999, б), она определяла статус методов и соотношений, вычисляемых на основании лабораторных и полевых испытаний и используемых на практике для получения геотехнических параметров и коэффициентов, непосредственно применяемых в ходе проектирования. Согласно информации из прил. D, E, F, G первой части Еврокода 7, прежде всего они использовались для проектирования свайных фундаментов и фундаментов неглубокого заложения.

В EH 1997-2 (CEN 2003) приводится определение производных величин: «Производные величины геотехнических параметров и/или коэффициентов основываются на результатах теоретических испытаний, корреляциях или эмпирических отношениях».

На основании результатов полевых испытаний геотехнические параметры определяются как входные данные для аналитического или непрямого метода или как коэффициенты, используемые в полуэмпирических или прямых механизмах проектирования фундаментов. Таким образом, производные величины геотехнического параметра являются вводными данными для оценки собственных значений этого параметра (согласно части 1 Еврокода 7, § 2.4.5.2) и проектными значениями, в которых учитывается частный коэффициент надежности.

3.4. Оценка предельных состояний при проектировании на кратковременные и длительные нагрузки

Предельные состояния определяются в ч. 1 Еврокода 7 следующим образом (это соотносится с «Еврокодом: Основы проектирования сооружений» CEN 2002. § 2.4.7.1 EH 1997-1): по возможности необходимо проводить выверку, чтобы предельные состояния не противоречили следующим положениям:

не должно нарушаться равновесие конструкции или грунта, которые воспринимаются как жесткие тела, при этом прочность конструкционных материалов и грунта незначительна (EQU);

Не должны превышаться величины предельного сопротивления или деформации сооружений или элементов конструкций, в том числе фундаментов, свай, стен подвалов и т. д., для которых прочность строительных материалов значительна (STR);

Не должны превышаться величины предельного сопротивления или избыточной деформации грунта, для которого прочность значительна (GEO);

Не должно нарушаться равновесие конструкции или грунта вследствие увеличения гидростатического давления воды (взвешивающее действие) или вертикальных воздействий (UPL);

Не должны превышаться величины гидравлического подъема, внутренней эрозии и фильтрации в грунте как следствия действия гидравлических градиентов (HYD).

Примечание. Предельное состояние GEO часто является важным критерием для определения размера элементов конструкций, входящих в фундаменты или подпорные сооружения, а иногда и прочности элементов конструкций.

В последние годы основные дискуссии в рамках SC 7 касаются формата проверки предельных состояний в ходе долгосрочного и кратковременного проектирования, обсуждаются предельные состояния GEO и STR. Необходимо отметить, что при проектировании на кратковременные и длительные нагрузки рассматриваются все предельные состояния (за исключением случаев проектирования для чрезвычайных ситуаций и сейсмически активных районов), сочетания воздействий, используемые в этих проектных ситуациях, часто называются «фундаментальными» сочетаниями (см. EN 1990, CEN 2002). В ходе обсуждения ENV 1997-1(CEN) пришли к выводу, что предельные состояния для проектирования на кратковременные и длительные нагрузки должны проверяться в рамках двух форматов сочетания воздействий (тогда они назывались случаями B и C). Группа B была создана для проверки неопределенности нагрузки от сооружения, группа C – неопределенности сопротивления грунта. Некоторые геотехники являлись сторонниками двойной проверки, другие выступали за единый формат (более подробная информация содержится в статье Frank & Magnan, 1999).

Общее решение было выработано в TC-250, отвечающем за формулировку «Еврокод: Основы проектирования сооружений» (EH 1990) и TC 250/SC. Это позволило создать три различных подхода к проектированию. Национальным комиссиям предоставляется право выбора, т. е. каждая страна должна включить в национальное приложение подходы к проектированию каждой геотехнической конструкции (фундаменты на естественном основании, свайные фундаменты, подпорные сооружения, обеспечение устойчивости откосов). Иными словами, для проверки предельных состояний при действии кратковременных и длительных нагрузок, для получения характеристических значений воздействий могут использоваться три группы частных коэффициентов надежности, которые приводятся в EH 1990 (группы A, B и C):

данные группы A используются для проверки статического равновесия конструкции (EQU);

данные группы B применяются для проектирования конструкций (STR), где не предполагаются геотехнические воздействия;

данные групп B и C также могут использоваться для проектирования конструкций с применением геотехнических воздействий и учетом сопротивления грунта (STR/GEO).

В табл. 1, 2, 3 в упрощенной форме приводятся величины, рекомендованные для проектирования зданий с использованием групп A, B и C, эти данные берутся из табл. A1.2.(A), A1.2.(B) и A1.2.(C) EN 1990 (CEN 2002). Эти

значения могут варьировать в зависимости от решения национальной комиссии.

Для STR/GEO используются следующие подходы к проектированию (§ A.1.3.1. EH 1990, CEN 2002): «При проектировании конструкций (фундаментов, свай, стен подвалов и т. д.) (STR) с применением геотехнических воздействий и учетом сопротивления грунта (GEO) предельные состояния должны выверяться при помощи трех подходов к проектированию (для геотехнических действий и сопротивления грунта) – EH 1997.

Подход 1. Использование данных из табл. A1.2.(B) и A1.2.(C) в расчетах для геотехнических и других воздействий на конструкцию или с ее стороны. Обычно на основе табл. A1.2.(C) рассчитывается размер фундамента, а на основе A1.2.(B) – сопротивление конструкции.

Примечание. В ряде случаев одновременно могут использоваться данные из нескольких таблиц (EN 1997).

Подход 2. Использование данных из табл. A1.2.(B) и A1.2.(C) в расчетах для геотехнических и других воздействий на конструкцию или с ее стороны.

Подход 3. Использование данных из табл. A1.2.(C) в расчетах для расчетов геотехнических воздействий с одновременным применением величин частных коэффициентов из табл. A1.2.(A) к другим воздействиям на конструкцию или с ее стороны.

Примечание. Национальная комиссия решает, какой из трех подходов должен применяться в конкретной стране.

Иными словами, подход 1 отражает процедуру двойной проверки (ENV 1997-1, выверка B+C), а подходы 2, 3 – новые процедуры с применением единого формата. В подходе 2 особое внимание уделяется коэффициентам сопротивления грунта (RFA), в подходе 3 – «материальным коэффициентам» грунта (MFA).

Таблица 1

Частные коэффициенты воздействий (группа A)

Воздействия	Символ	Величина
Постоянные воздействия: – неблагоприятные – благоприятные	$\gamma_{G\,sup}$ $\gamma_{G\,inf}$	1,10(1) 0,9 (1)
Переменные воздействия: неблагоприятные	γ_Q	1,50

(1) В качестве альтернативы можно принимать $\gamma_{G\,inf} = 1{,}15$ и $\gamma_{G\,sup} = 1{,}35$

Таблица 2

Частные коэффициенты воздействий (группа B)

Воздействия	Символ		Величина	
Постоянные воздействия:		уравн. (6.10)	уравн. (6.10 а)	уравн. (6.10 б)
– неблагоприятные[1]	$\gamma_{G\,sup}$	1,35	1,35	1,15 (2)
– благоприятные[1]	$\gamma_{G\,inf}$	1,00	1,00	1,00
Переменные действия, неблагоприятные	γ_Q	1,50	$1{,}5\psi_o$	1,50

[1] Все постоянные воздействия умножаются на $\gamma_{G\,inf}$ или $\gamma_{G\,sup}$..

[2] величина $\xi = 0{,}85$, тогда $0{,}85\ \gamma_{G\,sup}$. $= 0{,}85 \times 1{,}35 = 1{,}15$.

Примечание 1. Национальная комиссия может выбрать одно из предложенных уравнений.

Примечание 2. γ_G и γ_Q могут подразделяться на γ_g и γ_q, рекомендуется модель коэффициента неопределенности $\gamma_{Sd} \times \gamma_{Sd} = 1{,}15$.

Таблица 3

Частные коэффициенты воздействий (группа C)

Воздействия	Символ	Величина
Постоянные воздействия: – неблагоприятные – благоприятные	 $\gamma_{G\,sup}$ $\gamma_{G\,inf}$	 1,00 1,00
Переменные воздействия неблагоприятные	γ_Q	1,30

В табл. 4 намечаются связи между группами B и C, а также соответствующими группами коэффициентов, характеризующих геотехническое сопротивление: группы *G* (B), *G* (C), G_2 и G_3. Определение этих групп дается в Приложении A Еврокода 7 – ч. 1. Как уже упоминалось, в приложении A также приводятся рекомендованные величины для частных коэффициентов надежности, однако, в национальных приложениях они могут иметь другие значения. Более подробная информация об использовании трех подходов к проектированию приводится в статье Франка (Frank et al., 2004).

Таблица 4.

Предельные состояния групп STR/GEO. Частные коэффициенты используются в соответствии со стандартами EN 1990 и EN 1997-1

Подход	Воздействие на конструкцию или с ее стороны	Геотехнические воздействия сопротивление	
1	B	B	G (B)
	C	C	G (C)
2	B	B	G_2
3	B	C	G_3

4. СВЯЗИ ЕВРОКОДА-7 С ДРУГИМИ CEN И КОМИТЕТАМИ ISO

Конечно, в самой системе Еврокодов содержится множество связей между различными стандартами и их положениями. Положения Еврокода 7, где приводятся нормы геотехнического проектирования, перекликаются со следующими стандартами:

EH 1990 «Еврокод: Основы проектирования сооружений», где дается определение предельных состояний, а также представляются на проверку проектные решения, приводятся общие правила описания воздействий на конструкции и геотехнических воздействий.

EH 1998-5: «Проектирование конструкций, устойчивых к сейсмическим воздействиям. Фундаменты, подпорные сооружения. Геотехнические аспекты».

Говоря о технических комитетах, работающих в рамках CEN и создающих стандарты, которые могут быть полезны для Еврокода 7, необходимо отметить следующие: CEN/TC 341, занимающийся вопросами геотехнических исследований и испытаний; CEN/TC 288 «Выполнение геотехнических работ»; CEN/TC 189 «Геотекстиль и его производные продукты»; CEN/TC 277 «Материалы для строительства дорог».

Что касается ISO, разработка Еврокода 7 проводилась в тесном сотрудничестве с ISO/TC 182 «Геотехника» и его подразделениями ISO/TC 182/SC 1 «Геотехнические исследования и испытания» и ISO/TC 182/SC 3 «Фундаменты, подпорные сооружения, земляные работы».

На встрече в Вене CEN и ISO разделили свои полномочия: ISO/TC 182/SC 1 работает над вопросами идентификации и классификации грунтов и скальных пород, а CEN/TC 341 играет пассивную роль. Однако в области исследований и испытаний пассивная роль передается ISO/TC 182/SC 1.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Работа над Еврокодом 7, т. е. работа по созданию единой европейской системы норм для геотехнического проектирования, началась 25 лет назад. Она продвигалась достаточно успешно, тем не менее только сейчас можно говорить о выработке окончательных взаимосвязанных стандартов.

Независимо от статуса Еврокода 7 в различных странах, он уже зарекомендовал себя как важный документ, влияющий на выполнение всех видов строительных работ. Он позволяет всем европейским геотехникам использовать общую терминологию и обеспечивает взаимопонимание между геотехниками и инженерами-строителями.

Еврокод 7 способствует разработке новых технологий. Здесь рассматриваются различные вопросы современной геотехнической практики – начиная от исследований грунта и заканчивая проектным моделированием. Автор статьи надеется, что эти стандарты будут полезны геотехникам и инженерам всего мира.