

## **НАЦИОНАЛЬНОЕ НОРМАТИВНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ФУНДАМЕНТОСТРОЕНИЯ И ИМПЛЕМЕНТАЦИЯ ЕВРОКОДОВ В УКРАИНЕ**

Киричек Ю.А.

Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры  
г. Днепр, Украина

**АННОТАЦИЯ:** Представлено деякі результати аналізу нормативного забезпечення фундаментобудування в умовах одночасної дії будівельних норм, розроблених на основі будівельних національних технологічних традицій, та будівельних норм, гармонізованих з нормативними документами Європейського Союзу. Обґрунтований висновок про те, що імплементація Єврокодів сприяє економії до 20...40% витрат при будівництві звичайних фундаментів мілкового закладання та підвищенню надійності фундаментів у складних інженерно-геологічних умовах.

**АННОТАЦИЯ:** Представлены некоторые результаты анализа нормативного обеспечения фундаментостроения в условиях одновременного действия строительных норм, разработанных на основе национальных технологических традиций, и строительных норм, гармонизированных с нормативными документами Европейского Союза. Обоснован вывод о том, что имплементация Еврокодов способствует экономии до 20...40% затрат при строительстве рядовых фундаментов и повышению надежности фундаментов в сложных инженерно-геологических условиях.

**ABSTRACT:** The normative support analysis of foundation engineering during the co-existence period in Ukraine is performed. A comparison of National Standards by Eurocodes requirement in the field of classification of soils and foundations, load-bearing capacity calculation and settlement computation is executed. It is concluded that the implementation of Eurocodes will effectively save about 20...40% of total costs for shallow foundation construction and at the same time sustain higher level of design reliability on problematic soils.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** фундаменты, надежность, экономичность, Еврокоды, строительные нормы, предельные состояния.

## ВВЕДЕНИЕ

Имплементация Еврокодов в Украине с одновременным действием строительных норм, разработанных на основе национальных инженерных традиций и строительных норм, гармонизованных с нормативными документами Европейского Союза в области геотехники, требуют проведения анализа соответствия последних местному опыту проектирования и оценки возможных последствий с точки зрения обеспечения надежности и экономичности геотехнических объектов.

Нормативное регулирование строительства, в том числе фундаментостроения в Украине выполняется государственными стандартами (ДСТУ), государственными строительными нормами (ДБН), ведомственными строительными нормами (ВБН), региональными строительными нормами (РБН) и техническими условиями (ТУ). В качестве нормативных документов продолжают действовать нормы бывшего СССР и УССР до их замены или отмены, а также международные стандарты, которые входят в «Перечень действующих в Украине нормативных документов в отрасли строительства».

Постановление Кабинета Министров Украины от 23 мая 2011 года №547 «Об утверждении Порядка применения строительных норм, разработанных на основе национальных технологических традиций, и строительных норм, гармонизованных с нормативными документами Европейского Союза», определило механизм одновременного действия национальных строительных норм и норм Европейского Союза. При проектировании объектов заказчик вместе с проектировщиком может применять национальные строительные нормы или нормы, гармонизованные с нормами Европейского Союза, что оговаривается в задании на проектирование. В проектной документации одного объекта не могут применяться одновременно национальные нормы и нормы Европейского Союза. Период одновременного действия национальных норм и норм ЕС определяется датой ввода ДБН А.1.1-94: 2010 “Проектування будівельних конструкцій за Єврокодами. Основні положення” и продолжается до их отмены или до отмены национальных строительных норм. Эти строительные нормы действуют с 1 июля 2013 года и определяют требования к применению комплекса Европейских стандартов – Еврокодов (EN Eurocodes) для проектирования строительных конструкций. Имплементацию Еврокодов проводят 58 стандартов ДСТУ – Н Б EN. Под имплементацией стандарт понимает принятие Еврокодов в качестве национальных стандартов Украины и применение их при проектировании строительных конструкций. Введение и применение Еврокодов в Украине производится в соответствии с требованиями ДСТУ-Н Б А.1.1-77:2007.

Согласно требованиям Еврокодов, их имплементация в странах ЕС осуществляется в несколько этапов:

- период перевода стандартов, назначение параметров, которые определяются на национальном уровне, и адаптация национальных положений к требованиям частей Еврокода составляет два года;
- период одновременного действия Еврокодов и национальных стандартов составляет три года.

Таким образом, общий срок имплементации Еврокодов в странах ЕС составляет пять лет. После окончания периода одновременного действия все национальные нормативные документы, которые конфликтуют с Еврокодами, должны быть отменены.

В странах, которые не являются членами Европейского сообщества, Еврокоды могут применяться двумя способами: с имплементацией и последующей отменой национальных конфликтующих стандартов или раздельное внедрение Еврокодов в качестве руководящих документов, не имеющих определенного национального статуса.

**Цель исследований** - анализ несоответствия требований национальных строительных норм и Еврокодов в области геотехнического проектирования, сравнение систем классификации грунтов, фундаментов, применяемых методов проектирования по предельным состояниям, оценка последствий перехода к Еврокодам с точки зрения экономики и надежности оснований и фундаментов.

## **ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБОСНОВАНИЕ**

С организационной точки зрения в Украине выдержан порядок имплементации Еврокодов согласно международным и национальным нормам, что формально позволяет использовать Еврокоды, которое в свою очередь дает право заявлять о том, что проектирование объекта выполнено в соответствии с нормами Европейского Союза. Это крайне важно для объектов с привлечением зарубежных инвестиций, так как Еврокоды определены в Европе в качестве основы для заключения договоров на строительные работы и сопутствующие услуги. Эти нормы определяют требуемую в ЕС надежность объектов строительства (обеспечивают заданную несущую способность, эксплуатационную пригодность и долговечность), позволяют использовать привычный инструментарий определения затрат в строительстве и рисков инвестора. Требования относительно использования комплекса Европейских стандартов включают необходимость следовать изложенным в них правилам. Проектирование конструкций осуществляется на основе комбинации расчетов и испытаний. Еврокоды, хотя и носят рекомендательный характер, однако не позволяют отступать от ряда правил, поэтому практическое их применение национальными про-

ектными организациями может сталкиваться с определенными трудностями. Так, по сравнению с национальными стандартами имеются различия в используемых системах классификации грунтов и фундаментов, в положениях расчета по предельным состояниям [1 - 6].

Еврокод 7 «Геотехническое проектирование» имеет статус национальных норм в области геотехники и в случае его применения при проектировании требует использования общих для Еврокодов обозначений и определений. Он требует классифицировать и описывать грунты, их напластование в соответствии с признанной геотехнической классификацией грунтов и системой описания. Единой общей системы классификации грунтов в Европе не существует из-за многообразия их свойств в разных местностях и странах. Признанными в странах Европейского сообщества являются унифицированные системы классификации грунтов, разработанные в Соединенных Штатах Америки [5].

1. Унифицированная система классификации грунтов (Unified Soil Classification System U.S. Army Corps of Engineers, U.S. Bureau of Reclamation, and American Society for Testing and Materials).

Согласно такой классификации, например, вид грунта SM означает пылеватый песок, а CL глина высокой пластичности. Классификация песков учитывает, например, способность воспринимать нагрузки в зависимости от структуры грунта.

Таблица 1

Unified Soil Classification System

Character 1		Character 2	
G	Gravel	W	Well graded
S	Sand	P	Poorly graded
M	Silt	M	Silty
C	Clay	C	Clayey
O	Organic	L	Low plasticity
Pt	Peat	H	High plasticity

2. Классификационная система Американской ассоциации государственных дорог и транспорта (Classification system American Association of State Highway and Transportation AASHTO) широко используется в дорожном строительстве.

3. Классификационная система Сельскохозяйственного департамента США (U.S. Department of Agriculture) также находит применение в проектировании, особенно в случае использования грунтовых карт.

В Украине классификация грунтов выполняется согласно ДСТУ Б.В.2.1-2-96. «Основи та підвалини будинків і споруд. Грунти. Класифікація». Различия в классификации грунтов, принятой в национальных стандартах и признанной в странах Европейского Сообщества, заключаются:

- в системах и способах классификации дисперсных грунтов;
- в классификационных границах гранулометрического состава грунтов;
- в применении наборов сит с разными диаметрами отверстий при проведении ситового анализа для определения гранулометрического состава сыпучих грунтов;
- в методах определения границы текучести глинистых грунтов.

Доминирующую роль в классификации дисперсных грунтов играет гранулометрический состав. При этом размер частиц (табл. 2) в общепринятых в Европе классификационных группах грунтов [3] и в Украине отличается [4].

Еще больше разница между национальной классификацией дисперсных грунтов и классификацией согласно Unified Soil Classification System. В общепринятых в Европе системах классификации понятия супесь и суглинков не существует, их заменяют несколько других - глинистый песок, песчанистая глина, пылеватая глина и т.д.

Таблица 2

Классификация частиц, используемая AASHTO, и украинскими нормами Particle size used by AASHTO and Ukrainian norms

Наименование частиц	Размеры частиц согласно ASHTO, мм	Размеры по украинской классификации, мм
Particles	Size limits AASHTO, mm	Size limits used by Ukrainian norms, mm
Clay / Глинистые	< 0.002	< 0,005
Silt / Пылеватые	0,002...0,075	0,005...0,05
Sand/ Песчаные	0,075...2	0,05...2
Gravel/Крупнообломочные	>2	2...200

Отличается от принятой в Европе наша методика определения границ текучести грунтов. В Европе пределы Аттерберга определяются иначе. В Украине традиционно для определения предела текучести глинистых грунтов используется конус массой 76 грамм с углом 30°. при вершине, а в Европе - прибор Касагранде, а также конус массой 60 грамм с углом при

вершине 60<sup>0</sup> [1, 4]. Классификация фундаментов ДБН В.2.1-10-2009 «Основи та фундаменти споруд» также расходится с классификацией, используемой в Европе. Таким образом, используемая в геотехнике национальная система классификация существенно отличается от признанной в Европе. Необходима адаптация действующих нормативных документов и смена используемых приборов и оборудования.

Имеют место значительные различия в методах проектирования и расчета строительных конструкций. По мнению европейски ученых, значительные изменения в теории и практике геотехнической инженерии произошли в течение последних 30 лет. В этот период украинские ученые вместе с государством испытывали острые кризисные явления в области политики и экономики, которые не могли не отразиться на науке. Практическое отсутствие государственного финансирования науки в условиях кризиса, борьбы за выживание резко сократили объемы исследований. В библиотеках Соединенных Штатов Америки в 90-х годах в достатке были переводы трудов советских ученых в области механики грунтов, оснований и фундаментов. Это было свидетельством достижений наших учителей и передовых позиций научных школ, обеспеченных финансированием со стороны государства. Сейчас ситуация резко изменилась. В то время, как западная наука осуществила прорыв в геотехнике, обеспечив реализацию грандиозных строительных проектов, украинские ученые оказались невосребованными и вместо развития произошел даже откат. Многие прогрессивные технологии в фундаментостроении перестали использоваться, а новые разработки не финансировались. Зарплата ученого упала до черты бедности, и предложить перспективным выпускникам путь в науку становится все труднее. В таких условиях следует более внимательно присматриваться к инновационным разработкам наших западных коллег, особенно в связи с провозглашенной в Украине стратегией интеграции с Европейским Союзом. Тем более, что мы не приходим с пустыми руками, и у нас на полке есть немало интересных нереализованных проектов, и в сочетании с финансовыми возможностями Евросоюза здесь можно добиться существенных результатов. Для этого как минимум надо понимать и правильно использовать требования Еврокодов.

Переход от национальных строительных норм к Еврокодам потребует определенных усилий, как для проектантов, которые должны освоить корректное использование требований Еврокодов, так и для ученых, способных адаптировать методику проектирования оснований к европейским требованиям в области геотехники. Для этого, безусловно, требуется знание английского языка. Необходимо работать с научно-техническими и нормативными документами на языке оригинала, имеющиеся переводы могут быть неточны и подчас непонятны. Придется отказаться от устаревших методик в проектировании.

Начнем с названия нашего научного направления, которое в Советском Союзе базировалось на предметах «Механика грунтов» и «Основание и фундаменты». Эти предметы входят в состав базовых для специальности «Промышленное и гражданское строительство». В Европе аналог этих предметов «Soil mechanics», «Foundation engineering», а специальности «Civil engineering», однако понятие такой специальности несколько шире. Приблизительно с 1970 г. используется термин «Geotechnical engineering», который объединяет эти предметы с механикой горных пород (Rock mechanics) [3]. «Geotechnical engineering» является важнейшей дисциплиной подготовки специалистов «Civil engineering». «Геотехника» в современном представлении – это ветвь инженерной деятельности, связанной с расчетом и проектированием оснований и фундаментов, откосов и конструкций, изготовленных из грунта и горной породы [1]. Теоретической базой выступают положения теории механики грунтов относительно среза, сжимаемости и предельных состояний, которые позволяют обеспечивать устойчивость оснований, откосов, подпорных стен и допускаемые деформации конструкций. Отсюда следует, что название предмета в свете общепринятой в Европе терминологии следует использовать «Механика грунтов» и «Основания и фундаменты» либо «Геотехника». В некоторых случаях предмет «Геотехника» рассматривается как прикладной, реализующий в строительстве выводы теории механики грунтов.

Предстоит пересмотреть учебные программы. Учебный курс предмета “The Mechanics of soils and foundations”, предназначенный для университетского курса [2] состоит из трех частей.

Первая часть на первом курсе включает инженерную геологию и механику материалов, в которой 6-8 лекций посвящены механике грунтов и геотехнике. Этот курс рассматривает классификацию грунтов, фильтрацию, прочность, консолидацию грунтов, допускаемые давления на грунт, расчет осадок, устойчивость откосов и давление грунта на ограждения. Изложение ведется с невысоким темпом с опорой на обычные бытовые навыки студентов, касающиеся грунтов и направленные на понимание поднятых вопросов.

Вторая часть на второй год обучения дает студентам главный курс лекций с лабораторными работами, где они детально рассматривают теорию механики грунтов и фундаментостроения. Знания, полученные на первом году, расширяются изучением математических аспектов решения задач Cam Clay, теории предельного равновесия, расчета допускаемых давлений на основание, устойчивости оснований, откосов, подпорных стен.

Третья часть обучения позволяет студентам изучить практические аспекты геотехники на лекциях с разработкой проектов инженерно-

геологических изысканий, проектирования фундаментов, откосов, подпорных стен, плотин.

Геотехническое проектирование согласно Еврокод 7, расчеты в проектах выполняются в соответствии с основными требованиями EN 1990:2002 и с особыми правилами ДСТУ-Н Б EN 1997-1:2010. Требования к проектированию зависят от геотехнической категории объекта. Для каждой геотехнической категории необходима проверка по предельным состояниям с использованием одного из следующих методов или путем их комбинации:

- расчет на основании аналитических, численных или полуэмпирических моделей с учетом воздействий и нагрузок силовых либо в виде перемещений, характеристик грунтов, геометрических характеристик, предельных деформаций;
- проектирование, основанное на показателях из предыдущего опыта;
- испытание геотехнических моделей;
- штамповые испытания;
- испытание предварительной нагрузкой;
- метод наблюдений.

Параметры грунтовых и скальных массивов, численные значения которых принимаются для проектных расчетов, должны быть получены по результатам испытаний непосредственно, или посредством корреляции, с помощью теории или эмпирически, или другим способом с использованием имеющихся к этому отношении данных.

Ключевым вопросом проектирования фундаментов является определение несущей способности фундамента (bearing capacity) – максимальное давление, которое грунт может воспринять от фундамента без разрушения. Определяться несущая способность может на основании испытаний моделей конструкций, штампами, пенетрацией, по данным лабораторных испытаний грунтов. Проектная (допускаемая) несущая способность в европейской практике, например, назначается путем расчета критического давления (по модифицированной теории несущей способности К. Терцаги) с применением парциальных коэффициентов надежности [2, 3], чтобы обеспечивалось снижение давления на грунт до такого значения, при котором осадки фундаментов не превышали бы допускаемых значений.

Выполненный сравнительный анализ 84 испытаний крупномасштабных моделей фундаментов и штампов на естественном основании с результатами расчета фундаментов по европейским и национальным нормам показали, что действующие строительные нормы содержат для надежных грунтов необоснованно высокий запас несущей способности [7]. Переход на проектирование согласно требованиям Еврокода позволяет сэкономить до 20...40% затрат на возведении фундаментов мелкого



заложения размером подошвы до 5 м, расположенных на надежных грунтах. При больших размерах подошвы фундаменты, рассчитанные согласно Еврокодов, имеют меньшую несущую способность по сравнению с рассчитанными по национальным нормам. По-видимому, это связано с развитием больших осадок в данном случае, что недостаточно учитывают национальные строительные нормы. Подтверждением тому являются проблемы, которые возникли с деформациями оснований реакторов атомных электростанций.

Более высокие требования предъявляют Еврокоды и к проектированию фундаментов на слабых грунтах. Таким образом, имплементация Еврокодов в Украине способствует снижению затрат при возведении рядовых фундаментов на надежных грунтах и повышению надежности фундаментов большой площади и в сложных инженерно-геологических условиях.

Положения Еврокодов подчеркивают, что расчеты осадок нельзя считать точными, т. к. они дают лишь приблизительную оценку. Поэтому допускаемые осадки, регламентируемые Еврокодом меньше, чем установленные национальными нормами. При этом в расчете осадок рассчитывают суммарную осадку, состоящую из мгновенной осадки, осадки первичной и вторичной консолидации [5]. Рассчитываются как мгновенные, так и длительные осадки. Для частично и полностью водонасыщенных грунтов рассматриваются следующие три составляющие осадок:

-  $s_0$  - для полностью водонасыщенного грунта — мгновенная осадка, вызванная деформациями сдвига при постоянном объеме, а для частично водонасыщенного грунта — деформации сдвига и мгновенная осадка с уменьшением объема;

-  $s_1$  - осадка за счет консолидации (первичной);

-  $s_2$  - осадка за счет ползучести (вторичной консолидации).

$$s=s_0+s_1+s_2.$$

Для разных грунтов преобладающими могут быть различные составляющие осадок. С переходом на проектирование фундаментов согласно Еврокодам при расчете осадок следует использовать общепринятые методы, практикуемые в Европе. При необходимости следует принимать линейные или нелинейные модели основания.

## **ВЫВОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Строительные нормы, гармонизованные с нормативными документами Европейского Союза, играют важную роль для инвесторов, поскольку приняты в Европе в качестве основы для заключения договоров на строительные работы и сопутствующие услуги. Эти нормы определяют требуемую в ЕС надежность строительных объектов (обеспечивают заданную

несущую способность, эксплуатационную пригодность и долговечность), позволяют использовать общепринятый нормативный документ для определения затрат и рисков в строительстве.

1. Проектирование фундаментов в соответствии с Еврокодами требует применения общепринятых методов определения несущей способности и расчета осадок фундаментов, классификации грунтов и фундаментов и т.п., что требует внесения изменений в используемые методики проектирования и программы учебных заведений по инженерной геологии, механике грунтов и геотехнике.

2. Применение Еврокодов в геотехническом проектировании позволяет использовать накопленный европейский опыт и передовые технологии, для рядовых фундаментов мелкого заложения способствует снижению затрат до 20...40% и повышению надежности фундаментов в сложных инженерно-геологических условиях.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Verruijt A. Soil mechanics, VSSD, Delft, 2007, 346 p.
2. Atkinson J. The mechanics of soils and foundation, Taylor & Francis, London and New York, 2007, 442 p.
3. Ishibachi I. & Hazarika H. Soil Mechanics Fundamentals and Applications, Taylor & Francis, Boca Raton London New York, 2015, 406 p.
4. Інженерна геологія, механіка ґрунтів, основи та фундаменти / [Зоценко М.Л., Коваленко В.І, Яковлев А. та ін.]. - Полтава: ПНТУ, 2004. - 568 с.
5. Das B. Advanced Soil Mechanics, Taylor & Francis, London and New York, 2008, 567 p.
6. Pisarchuk S. *Mechanica gróntov*, Oficyna wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2010, 233 s.
7. Kirichek Y., Bolshakov V., Tregub A. Safety concepts for shallow foundations. Proc. of XVI ECSMGE Geotechnical Engineering for Infrastructure and Development. – Edinburg. - ICE Publishing. – 2015. - Vol. 3. - P. 967 – 972.

## REFERENCES

1. Verruijt A. Soil mechanics, VSSD, Delft, 2007, 346 p.
2. Atkinson J. The mechanics of soils and foundation, Taylor & Francis, London and New York, 2007, 442 p.
3. Ishibachi I. & Hazarika H. Soil Mechanics Fundamentals and Applications, Taylor & Francis, Boca Raton London New York, 2015, 406 p.
4. Zocenko M.L., Kovalenko V.Î, Âkovlêv A. ta in. *Înženerna geologiâ, mehanika gróntiv, osnovi ta fundamenti*, PNTU, Poltava, 2004, 568 s.
5. Das B. Advanced Soil Mechanics, Taylor & Francis, London and New York, 2008, 567 p.

6. Pisarchuk S. *Mechanica gróntov*, Oficyna wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2010, 233 s.
7. Kirichek Y., Bolshakov V., Tregub A. Safety concepts for shallow foundations. *Proc. of XVI ECSMGE Geotechnical Engineering for Infrastructure and Development*. – Edinburg. - ICE Publishing. – 2015. - Vol. 3. - P. 967 – 972.

Статья поступила в редакцию 26.08.2016 г.