



DOI: [10.71167/uaceg.2025.580108](https://doi.org/10.71167/uaceg.2025.580108)

Получена: 13.11.2024 г.

Приета: 06.01.2025 г.

ВТОРО ПОКОЛЕНИЕ НА ЕВРОКОД 7 – ГЕОТЕХНИЧЕСКИ КАТЕГОРИИ (ГЕОТЕХНИЧЕСКА НАДЕЖДНОСТ)

А. Тоцев¹, И. Марков²

Ключови думи: второ поколение, геотехническа надеждност, Еврокод 7

РЕЗЮМЕ

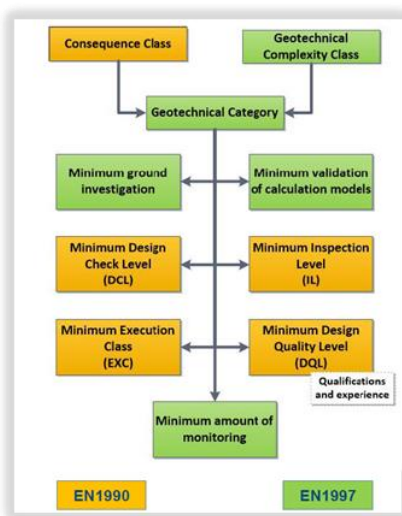
Второто поколение на Еврокод 7 идва с редица новости, с цел да систематизира и доколкото е възможно стандартизира геотехническото проектиране, като се обхванат във възможно най-голяма степен всички особености, съпътстващи проектирането в една сложна и нееднородна среда, каквато е почвата. В настоящата статия са представени новостите по отношение на геотехническата категория (GC), която е предефинирана като комбинация от класа по значимост на конструкцията (CC) и сложността на земната основа, наречен клас на геотехническа сложност (GCC).

1. Въведение

В настоящата статия са разгледани два аспекта от новото, второ поколение на Еврокод 7, а именно дефинирането на класа по степен на отговорност (CC) и класа по геотехническа сложност (GCC), които заедно определят геотехническата категория (GC). Показано е как геотехническата категория влияе на процеса на проектиране и строителство. В текста са представени преводи на български, които авторите считат за съответни, като в таблиците е оставен оригиналният английски текст, за по-задълбочено вникване в материята.

¹ Андрей Тоцев, проф. д-р инж., кат. „Геотехника“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: totsev_fte@uacg.bg

² Илиян Марков, гл. ас. д-р инж., кат. „Геотехника“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: imarkov_fte@uacg.bg



Фиг. 1. Определяне на геотехническата категория и влиянието ѝ върху процеса на строителство и проектиране [1]

Consequence Class (CC)	Geotechnical Complexity Class (GCC)		
	Lower (GCC1)	Normal (GCC2)	Higher (GCC3)
High (CC3)			GC3
Medium (CC2)		GC2	
Low (CC1)	GC1		

Фиг. 2. Определяне на класа по геотехническа сложност [1]

2. Геотехническата категория

Принципът на проектиране на всяко едно геотехническо съоръжение отчита неточността както по отношение на определяне на почвените параметри, така и по отношение на приетите изчислителни модели чрез въвеждането на допълнителна сигурност посредством корекционни коефициенти. Разбира се, тези коефициенти не може и не трябва да са едни и същи за сложни и значими конструкции и за не така отговорни конструкции, чието евентуално компрометиране е с далеч по-малки последици. Същото важи и за стандартни (масово срещани) инженерно-геоложки условия, и за такива с висока степен на сложност и риск. Авторите на второто поколение на Еврокод 7 отчитат тези различия, поради което се дефинират понятията клас по значимост на конструкцията (CC) и клас на геотехническа сложност (GCC).

2.1. Зона на влияние

Въвежда се зона на влияние, която указва геометричното пространство, в което биха възникнали допълнителни напрежения и/или деформации от новопроектираната

геотехническа конструкция. Когато се определя тази зона, е важно да се определят всички геотехнически крайни гранични състояния, които засягат конструкцията, конструктивен елемент или земна основа. Обхватът на зоната на влияние трябва да се определи преди геотехническите проучвания и да се актуализира по времето на проектиране.

2.2. Клас по геотехническа сложност (GCC)

Понятието клас по геотехническа сложност е дефинирано в общ вид в FprEN 1997-1 [3], а в prEN 1997-3 [5] се дават конкретни изисквания за всяка различна геотехническа задача (например в табл. 1 са показани изискванията един откос да е в GCC1, 2 или 3).

Таблица 1. Избор на клас по геотехническа сложност [3]

Клас по геотехническа сложност	Сложност	Общи черти
GC3	Висока	Някои от следните: - значими неясноти по отношение на почвените условия; - висока променливост или трудни почвени условия; - значителна чувствителност и към повърхностни води; - значителна сложност на взаимодействието между конструкция и земна основа.
GC2	Нормална	Всички, които не са включени в GC1 и GC3
GC1	Ниска	Те са следните: - пренебрежими неясноти, засягащи земната основа; - еднакви почвени условия; - ниска чувствителност към подземна или повърхностна вода; - ниска сложност на взаимодействието между земна основа и конструкция.
<i>Забележка:</i> Термините „значим“, „значителен“ и „висок“, се отнасят към сравним опит, какъвто е наличен за конкретната геотехническа конструкция, проектна ситуация и почвени условия.		

Класът по геотехническа сложност е функция на инженерно-геоложките, хидрогеоложките и геотехническите условия на площадката, както и на параметрите на конструкцията и наличието на специфични явления.

2.3. Геотехническа категория (GC)

След като се определят класът по степен на отговорност и класът по геотехническа сложност съгласно схемата, показана на фиг. 2, се определя геотехническата категория. Това, към коя геотехническа категория спада строежът, влияе както върху проучването, така и върху проектирането, мониторинга, надзора и строителството (фиг. 1). Например при проектиране на GC3 е прието да се използва т. нар. sensitivity analysis (изследване на тежестта на отделен почвен параметър към променливостта на решението) както по отношение на почвените параметри, така и на

геометричните размери. Друг пример е показан в табл. 2, където са описани минималните изисквания по отношение на проучването за GC2.

Таблица 2. Максимално разстояние и минимален брой на геотехническите изработки за геотехническа категория 2 (GC2) [4]

Конструкции		Максимално разстояние X_{max}	Минимален брой N_{min}
Ниски конструкции		30 m	3
Високи конструкции	4 – 10 етажа	25 m	3-4 ^b
	11 – 20 етажа	20 m	3-5 ^b
	> 20 етажа	15 m	3-6 ^b
Пътища, паркинги и тротоари		40 m	2
Силози и резервоари		15 m	3
Стълбове на мостове и устои		1 за	
Електропроводи		1 за пилон	
Вятърни турбини		2 за турбина	
Подпорни конструкции		150 m	- ^a
Откоси	< 3 m височина	100 m	- ^a
	≥ 3 m височина	50 m	- ^a
Насипи и армирани насипи	< 3 m височина	200 m	- ^a
	≥ 3 m височина	100 m	- ^a
Изкопи в градски райони > 5 m дълбочина от земната повърхност		25 m	3
<p>a. Когато не са дадени никакви разстояния или брой местоположения, се решава на базата на специфични проекти.</p> <p>b. Подчертаните бройки са по-подходящи за сложни конструкции.</p> <p>c. Подчертаните номера са по-подходящи за сложни конструкции.</p>			

2.4. Клас по степен на отговорност (CC)

Понятието клас по степен на отговорност се среща на различни места в отделните части на Еврокод. То е дефинирано в общ вид в EN 1990 - Еврокод 0 [2] и EN 1990 - Еврокод 7-1 [3], а в prEN 1997-3 Еврокод 7-3 [5] се дават конкретни изисквания за всяка различна геотехническа задача (например проектиране на откоси), за да се избере класът по степен на отговорност на конкретния обект. Класът по степен на отговорност оказва съществена роля при проектирането, тъй като освен, че служи като база за дефиниране на геотехническата категория, той е пряко свързан с частните коефициенти, коефициентите на сигурност, които използваме при проектирането. Съгласно Еврокод 0 съществуват пет класа степен на отговорност (табл. 3 и 4). Еврокод 7 разглежда само 3 от тях (CC1, CC2 и CC3), като по отношение на най-незначителните (CC0) и най-

отговорните (CC5) съоръжения конкретните изисквания се дефинират в съответните национални приложения.

Таблица 3. Клас по степен на отговорност (CC), [3]

Клас по степен на отговорност	Показателна класификация на последствията	
	Загуба на човешки животи или лично нараняване	Последствия за икономиката, социалното общество или околната среда
CC4 – Най-висок	Изключително голяма	Огромни
CC3 – Висок	Голяма	Много големи
CC2 – Нормален	Средна	Значителни
CC1 – Нисък	Ниска	Малки
CC0 – Най-нисък	Много ниска	Незначителни

Таблица 4. Клас по степен на отговорност (CC), [2]

Клас по степен на отговорност	Описание на последствията	Примери
CC4	Изключително големи	АЕЦ, язовири
CC3	Големи	Сгради или част от такива, при които много голям брой хора биха били засегнати, например концертни зали, високоетажни блокове, трибуни
CC2	Средни	Сгради, които не са включени в CC1 или CC3
CC1	Ниски	Сгради или част от такива, при които много малък брой хора биха били засегнати, например селскостопански сгради или складове
CC0	Много ниски	Неконструктивни елементи

Изборът на съответния клас по значимост е изходна база за определяне на следните три коефициента, които зависят от класа по степен на отговорност (табл. 5):

- коефициент k_F (коефициент по степен на отговорност за въздействията) – представлява корекционен коефициент, отчитащ значимостта на конкретното съоръжение, с който се завишават или намаляват частните коефициенти за въздействие и ефекти за различните Verification cases (набор от частни коефициенти, които се прилагат върху натоварване или ефект от натоварване и съпротивление) – VC1-VC4 (табл. 6);
- коефициент k_M (коефициент по степен на отговорност за свойствата на почвата) – представлява корекционен коефициент, отчитащ значимостта на конкретното съоръжение, с който се коригират почвените параметри (например кохезията или ъгълът на вътрешно триене – табл. 7);
- коефициент k_R (коефициент по степен на отговорност за съпротивлението (носещата способност) – представлява корекционен коефициент, отчитащ значимостта на конкретното съоръжение, с който се коригират съпротивлението (носещата способност) за дадената геотехническа конструкция (например носещата способност при плоско фундиране).

Таблица 5. Коэффициенти на значимост за различните класове на значимост [2, 3]

Клас по степен на отговорност	Коэффициент k_F	Коэффициент k_M	Коэффициент k_R
CC3	1,1	1,1	1,1
CC2	1,0	1,0	1,0
CC1	0,9	0,9	0,9

Таблица 6. Частни коэффициенти за въздействия и ефекти от въздействия за проектни случаи VC1 до VC4 за постоянни и временни проектни ситуации [2]

Въздействие и ефект				Частни коэффициенти γ_F и γ_E за проектни случаи				
Тип	Група	Символ	Краен ефект	Конструктивно съпротивление	Статично равновесие и воден подем		Геотехническо проектиране	
Проектен случай				VC1	VC2 (a)	VC2 (b)	VC3	VC4
Постоянно въздействие (G_k)	Всички	γ_G и γ_E	Неблагоприятен/ Дестабилизиращ	1,35 k_F	1,35 k_F	1,0	1,0	Не се прилагат коэффициенти върху G_k
	Вода	γ_{Gw}		1,20 k_F	1,20 k_F	1,0	1,0	
	Всички	$\gamma_{G,stab}$	Стабилизиращ	Не се използва	1,15	1,0	Не се използва	
	Вода	$\gamma_{Gw,stab}$			1,15	1,0		
Временно въздействие (Q_k)	Всички	γ_Q	Неблагоприятен	1,50 k_F	1,50 k_F	1,50 k_F	1,3	$\gamma_{Q,red}$
	Вода	γ_{Qw}		1,35 k_F	1,35 k_F	1,35 k_F	1,15	1,0
	Всички	$\gamma_{Q,fav}$	Благоприятен	0				
Ефект от въздействие (E)		γ_E	Неблагоприятен	γ_E не се прилага				1,35 k_F
		$\gamma_{E,fav}$	Благоприятен					1,0

Таблица 7. Частни коэффициенти за почвени параметри [3]

Почвен параметър	Символ	M1	M2
Ефективна якост на срязване (τ_f)	γ_f	1,0	1,25 k_M
Коэффициент за върхов ъгъл на вътрешно триене ($\tan\phi'_p$)	$\gamma_{\tan\phi,p}$	1,0	1,25 k_M
Върхова кохезия (c'_p)	$\gamma_{c,p}$	1,0	1,25 k_M
Коэффициент за остатъчен ъгъл на вътрешно триене ($\tan\phi'_r$)	$\gamma_{\tan\phi,r}$	1,0	1,1 k_M
Остатъчна ефективна кохезия (c'_r)	$\gamma_{c,r}$	1,0	1,1 k_M
Недренирана кохезия (c_u)	γ_{c_u}	1,0	1,4 k_M
Коэффициент на триене между конструкция и земна основа ($\tan\delta$)	$\gamma_{\tan\delta}$	1,0	1,25 k_M

Основната роля на тези коэффициенти е да се отчете степента на несигурност, която е всепризнат факт в геотехниката. Резултатите от мониторинг на различни конструкции и сравняването им с тези от изчисления, показват недвусмислено, че въпреки бурното развитие на изчислителната техника и съвременни методи за проектиране, все още няма „вярна“ теория или модел, когато става въпрос за решаване

на геотехнически проблеми. Това от своя страна налага един подход на финансово-застрахователна култура на проектиране, при който се вкарва много по-голяма сигурност за сложни и отговорни съоръжения, в сравнение със стандартните строежи. Това се обуславя от факта, че евентуална „грешка“ в резултат от липсата на точна теория, при отговорни съоръжения е с много по-значими последствия и финансово нерентабилно от гледна точка на последствията. Типичен пример са небостъргачите, където при проверките при проектиране на фундирането, коефициентите на сигурност могат да стигнат 5,0. Това означава пет пъти по-сигурно фундиране. От гледна точка на икономичното проектиране това е необосновано, но от гледна точка на последствията от евентуална грешка, когато икономията при коефициент 1,0 е не повече от 0,2 % от стойността на сградата, използването на коефициент 5,00 е напълно оправдано.

3. Заключение

Второто поколение на Еврокод 7 дава много по-подробна, конкретна и задълбочена информация, като се стреми да намали степента на несигурност при проектиране на геотехнически конструкции. Въвеждането на геотехнически категории като функция на условията на строителната площадка и значимостта на строежа е функция на съвременните тенденции на финансово-застрахователна култура на проектиране.

ЛИТЕРАТУРА

1. Adrian van Seters, B. Second generation Eurocode 7.
2. EN 1990 – Eurocode – Basis of structural and geotechnical design.
3. FprEN 1997-1 – Eurocode 7: Geotechnical design – Part 1: General rules.
4. FprEN 1997-2 – Eurocode 7: Geotechnical design – Part 2: Ground properties.
5. prEN 1997-3 – Eurocode 7: Geotechnical design – Part 3: Geotechnical structures.

SECOND GENERATION OF EUROCODE 7 – GEOTECHNICAL CATEGORIES (GEOTECHNICAL RELIABILITY)

A. Totsev¹, I. Markov²

Keywords: *second generation, geotechnical reliability, Eurocode 7*

ABSTRACT

The second generation of Eurocode 7 comes with a number of innovations which help to systematize and standardize as much as possible the geotechnical design, covering to a great

¹ Andrey Totsev, Prof. Dr. Eng., Dept. “Geotechnics”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: totsev_fte@uacg.bg

² Iliyan Markov, Chief Asst. Dr. Eng., Dept. “Geotechnics”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: imarkov_fte@uacg.bg

extent all the specifics, accompanying the design in such a complex and heterogeneous environment as soil. This paper presents the innovations, concerning the geotechnical category (GC), which is redefined as a combination of construction consequence class (CC) and the complexity of the ground base called the geotechnical complexity class (GCC).