



НАУЧНИТЕ ИЗСЛЕДВАНИЯ ВЪВ ВТУ „ТОДОР КАБЛЕШКОВ“ И РАЗВИТИЕТО НА ЕВРОКОД 7 И 8.5

Коста Костов, Невена Бабунска-Иванова
kpetrov77@abv.bg, babunska_n@abv.bg

**ВТУ “Тодор Каблешков”
София – 1574, ул. „Гео Милев“ 158
БЪЛГАРИЯ**

Ключови думи: почва, сеизмичност, носимоспособност, стандарт, пилоти, опън.

Резюме: Паралелно с усвояването и развитието на правилата на единната европейска система от стандарти за проектиране на строителни конструкции Еврокод във ВТУ „Тодор Каблешков“ още от 2009г. протича процес и на тяхното приложение в учебните програми на студентите, научните изследвания, инвестиционните проекти и други практически занимания на учените от този университет. В настоящата статия е направен обзор на натрупаните знания и практически опит на учените от ВУЗ-а през последните около десет години за овладяването, развитието и популяризирането на Еврокод 7 и Еврокод 8.5 сред студентите и строителните инженери в Република България. Разгледани са интересни моделни изследвания на опънни фундаменти, позоваващи се на Еврокод 7. Проследени са публикациите на престижни международни конференции в чужбина, основаващи се на Еврокод 8.5, както и полезните изводи от публикуваните изследователски резултати на докторанти и студенти в областта на геотехниката в съответствие с Еврокод 7 и 8.5. Отделено е място на внедряването и развитието на специализирани изчислителни програми за геотехническо проектиране, адаптирани от учените за работа по българските национални приложения към Еврокод. Отбелязано е, че получените нови знания от разработките на учените от ВТУ „Тодор Каблешков“, съгласно Еврокод се прилагат в инженерните специалности, изучавани във ВУЗ-а, а именно: „Геотехника и инженерна геология“, „Транспортно строителство“, „Надзор и експлоатация на хидротехнически съоръжения“ и „Строителство на газо- и нефтопроводи“.

УВОД

В тази статия е направен обзор на работата на учените от Висшето транспортно училище „Тодор Каблешков“, както при позоваването на Еврокод 7.1, така главно на Еврокод 7.2 и Еврокод 8.5, върху които бе специално концентрирано тяхното внимание през последните десет години. В новооткритата през 2012г. нова магистърска специалност „Геотехника и инженерна геология“, както и в магистратурата по строителни конструкции преди това влязоха за задълбочено изучаване редица възлови въпроси от динамиката на строителните почви като втечняването на почвата, фундаментите под машини, инженерната сеизмология, сеизмичното оразмеряване на

фундаментите и подпорните конструкции и др. Това са все въпроси, регламентирани в Еврокод 8.5.

I. ИЗСЛЕДВАНИЯ, ОСНОВАНИ ВЪРХУ ЕВРОКОД 7.1

Немалка част от провежданите научни изследвания и практически занимания на учените от ВТУ „Тодор Каблешков“ са основани или съответстват на изискванията и процедурите, записани в Еврокод. Така в съответствие с Еврокод 7.1 са налице няколко интересни публикации, отразяващи проведени моделни и натурни изследвания, както и теоретични анализи.

В четири поредни статии *Костова* публикува резултатите от оригиналното моделно изследване за фундаменти, натоварени на опън, проведено под ръководството на доц. *Пламен Кисьов*.

В първата статия [1] от този цикъл *Костова* подчертава липсата на обстойни български норми и стандарти за анкери и опънни фундаменти преди хармонизирането на стандартите с европейските. От друга страна тя обръща внимание, че в Еврокод 7 въпросът за анкерите е маркиран само в най-общ план и още по-слабо са застъпени опънните фундаменти. Има препратки, обаче към новия европейски стандарт за анкери БДС EN 1537 - 1997/2002, където детайлно се представят всичките технически проблеми по въпроса и същевременно тези стандарти продължават да бъдат в развитие. Съобразяването на експеримента с този стандарт превръща получените резултати в поредна стъпка от развитието на науката и практиката и води към тяхното усъвършенстване. Статията отразява и изискванията на БДС EN 1993-1-11:2007 – това е част от Еврокод 3 и засяга оразмеряването и конструирането на анкерите в същността им на метални конструкции.

Влиянието на свързаността на почвите е обект на втората статия [2] на *Костова* от публикувания цикъл. Докладвана е разработена процедурата за оразмеряване на анкерни стоманобетонни плочи, работещи като опънни фундаменти. В стремежа на автора да постигне съвременно решение, той прилага добре познатите му процедури за определяне на носимоспособността на земната основа от Еврокод 7, но ги отнася към натоварване на опън, а не на натиск. Резултатите са сравнени с по-ранни теоретични изследвания на други учени и са констатирани разлики, които в заключението на статията са добре разтълкувани. Особено полезни са анализите за свързаните почви, които винаги са в по-малка степен изучени.

Изпитването на опънните фундаменти като най-съществената част от проведените експерименти с физически модел, подробно е представено от *Костова* в нейната трета статия [3]. Направените констатации и резултатите са тълкувани според теоретичните предпоставки. Предварителното изследване на почвата, ползвана за опита, както и цялата опитна постановка са в съответствие с Еврокод 7.2 и така е постигната съизмеримост на резултатите със съвременните стандарти.

Нови знания за формата и големината на еластичното ядро при опънните плочи се придобиват в четвъртата статия [4] от цикъла на *Костова*. Макар еластичното ядро да е формулирано още от *Terzaghi*, очевидно и до днес то буди интереса на учените и подлежи на последващо изучаване. Подробно са представени процедурите и резултатите от проведените опити с физически модел на фундамент, натоварен на опън. Теоретичната обосновка за опита следва изискванията на Еврокод 7 за определяне на носимоспособността на земната основа и Теорията на граничното равновесие. Резултатите показват, че ъгълът на срязване при експеримента е средно с около 15% по-висок от установения в нормите. Този факт е предпоставка за критичен поглед и понататъшно задълбочаване в проблема, както и идеи за усъвършенстване на нормите.

За целите на студентските занимания, както и за приложение от специалистите в практиката *Костова* публикува [5] свое съвременно решение на класическия подход за

укрепване на изкопи. Най-ценното в тази статия е подробно изложената изчислителна процедура за класическото аналитично решение на шпунтова ограда по конзолна статическа схема, напълно издържана по изискванията на Еврокод 7. За целите на обучението на студентите и за практиката на специалистите решената задача е много полезна.

II. ИЗСЛЕДВАНИЯ, СВЪРЗАНИ С ЕВРОКОД 7.2

Еврокод 7.2 „Изследване и изпитване на земната основа“ регламентира класификацията на строителните почви, както още лабораторните и полеви методи за тяхното изпитване. Стандартът не представлява революция спрямо досегашната световна практика, но все пак внася някои важни новости, на първо място сред които е прецизираната класификация на строителните почви.

През 2011г. *Костова* концентрира вниманието си върху представянето и анализа на Еврокод 7.2 и то върху най-съществената новост в него - променената досегашна класификация на строителните почви. Новата класификация е диференцирана в по-висока степен и е обърнато особено внимание върху подразделянето на праховите почви, които са най-неблагоприятни за земна основа и са често срещани в практиката. В своята статия [6] по темата *Костова* прави съпоставки с досегашните наши норми.

На второ място са разгледани накратко всичките полеви и лабораторни опити в Земната механика, записани в Еврокод 7.2. Обърнато е внимание на по-малко прилаганите у нас пресиометрични изследвания с техните съвременни разновидности.

През 2015г. в лабораториите на ВТУ „Тодор Каблешков“ под ръководството на доц. *Пламен Кисъв* бе осъществен научно – изследователски проект на тема „Изпитване и изчисляване на опънни фундаменти“, в който най-активно участие имаше инж. *Стойна Костова*. В рамките на този проект бе изготвен физически модел в умален мащаб на анкерирани фундаментни плочи, разположени хоризонтално и вертикално, натоварени на чист опън. Резултатите от обширните изследвания бяха публикувани в поредица от четири статии и във всяка от тях има препратки и съпоставки към изискванията на Еврокод 7.2 и другите части на Еврокод.

В своята дисертация [7], защитена през 2017г., *Костова* разработи експериментално за първи път у нас въпросите на фундаментите, подложени на чист опън. *Колев* [8] и *Ханова* [9] като рецензенти на дисертацията потвърждават правилния научен подход и голямото значение на изследването за усъвършенстване на нормите за опънните фундаменти.

В Ръководството за упражнения по земна механика [10] *Костова* представя лабораторните опити за определяне на физичните и механични характеристики на строителните почви по хармонизираните европейски стандарти и в пълно съответствие с Еврокод 7.2. Изяснени са новите лабораторни процедури и апарати спрямо досегашните ни стандарти, каквито са „паничката на Казагранде“, диаметрите на ситата за зърнометричен анализ, класификацията на строителните почви и др. С това ръководство лабораторните упражнения на студентите са поставени изцяло в съответствие с новия европейски стандарт.

В монографията си от 2019г. „Механика на строителните почви“ [11] *Колев* разглежда физичните и механичните свойства на почвите и методите за тяхното изследване, които са отнесени към Еврокод 7.2, а изчислението на устойчивостта, носимоспособността, слягането, хидравличната устойчивост са представени според Еврокод 7.1 и Еврокод 8.5.

III. ИЗСЛЕДВАНИЯ, СВЪРЗАНИ С ЕВРОКОД 8.5

Съвсем новият за българските инженери стандарт Еврокод 8.5 „Фундаменти, подпорни конструкции и геотехнически аспекти“ включва въпросите на динамиката на

строителните почви, което все още е по-слабо изучена тема у нас и рядко практикувана. Съвременните високи строежи и тежки транспортни съоръжения, обаче налагат необходимостта от тези знания и прилагането на стандарта. Във ВТУ „Тодор Каблешков“ динамиката на строителните почви се изучава специално и задълбочено още от 2011г., а научните изследвания и публикации на преподавателите датират от по-рано.

Ето защо още през 2009г. *Колев* докладва на Международна научна конференция в София за по-съществените новости за българската практика, произтичащи от Еврокод 8.5. В доклада [12] са изяснени съдържанието и основните понятия в стандарта като динамичен модул на почвата и топографски фактор. Пояснени са частните коефициенти за сигурност, както и изчислителните процедури за сеизмичните сили, за проверки срещу втечняване на почвата, срещу прекомерни деформации, за недренирана якост на почвата. Обяснени са и препоръките за разполагане на фундаментите, направата на хоризонтални връзки между фундаментите и др. Направени са изводи за обхвата на геоложките и геотехническите проучвания от гледна точка на сеизмичните ефекти.

Добър пример за приложение и позоваване на Еврокод 8.5 е докладът [13] на *Колев* изнесен на Международната конференция по Сеизмично инженерство и динамика на строителните почви в Сан Диего през 2010г. Докладът анализира с нагледни примери оценката на риска от действието на разлом в София при строителството на небостъргач. Имено изчерпателното прилагане на Еврокод 8.5 при оценката на геотехническата ситуация е довело до категоричното решение, че на площадката може да бъде построена такава сграда.

Подобни случаи са описани и обосновани с Еврокод 8.5 и в доклада [14] на *Колев* пред XV Световна конференция по подземно градско строителство в Санкт Петербург през 2016г.

В двете си книги от 2018г. [15] и 2019г. [11] *Колев* също застъпва и изяснява смисъла и приложението на Еврокод 8 в геотехническата практика.

IV. ЗАНИМАНИЯ НА ДОКТОРАНТИ И СТУДЕНТИ С ЕВРОКОД 7 И 8

Научните занимания на докторантите и студентите по геотехника във ВТУ „Тодор Каблешков“ също са във висока степен основани на изучаването и прилагането на новите европейски стандарти.

Така през 2013г. докторантът *И. Анастасов* и студентът *И. Джанабетски* изнесоха пред Младежката научна конференция своя доклад [16], посветен на новия стандарт за топлоизолация на фундаментите за сгради БДС EN ISO 13793:2001. В него се показват решени примери за оразмеряване на ефективна топлоизолация, основана на геотехнически и топлотехнически анализи.

Всички дипломни работи по геотехника са изпълнени според Еврокод 7 и Еврокод 8.5, както и другите части на стандарта. Заслужава да се отбележат и националните награди за най-добър дипломен проект, присъдени на студентите *Елиян Калайджиев* (Проект за разширение на речно пристанище с пилотно фундирана кейова стена), 2013г. и на *Ивалин Джанабетски* (Стоманобетонна конструкция върху слаба земна основа), 2015г., където проектите изцяло бяха издържани в Еврокод.

Резултатите от научните изследвания на докторантите по геотехника във ВТУ „Тодор Каблешков“ в много от случаите се отнасят за сравнение и тълкуване към нормите на Еврокод 7 като съвременен и световно признат стандарт. Боравенето с този стандарт от страна на докторантите води до неговото добро усвояване и творчески подходи за неговото по-нататъшно прилагане и усъвършенстване.

Докторантът *С. Масларски*, заедно със своя научен ръководител *Колев* публикуват през 2013г. сравнение на опитните резултати от пробно статично натоварване върху изливни пилоти и ги сравняват с теоретично изчислените по българските стандарти, а тълкуванието е основано на Еврокод 7. Преди да бъде публикуван този доклад [17] е изнесен пред младежка научна конференция на Университета, където му е присъдена първа награда за най-стойностен доклад.

На подобна тема е и още една статия [18] на *Колев и Масларски* от 2014г. Тук в съпоставителния анализ са включени и немските технически норми.

Докторантът *И. Анастасов*, заедно с научния си ръководител *Колев* сравняват в публикация [19] от 2014г. опитните измервания, направени по време на тяхно научно изследване, с резултатите от изчислението с компютърен модел на подобрена земна основа подова индустриална настилка. Критериите за оценка, както и проектните характеристики са според Еврокод 7.

Докторантите, асистентите и студентите, заедно с хабилитираните преподаватели въведоха в учебните програми за системно обучение и прилагане на съвременни геотехнически програми като DC Software, GEO5, Plaxis и др. *Колев, Костова, Джанабетски* и др. имаха доминираща роля при превода на програмите на български език и при въвеждането на българските национални приложения в тях.

ЗАКЛЮЧЕНИЯ

Очевидно е, че във ВТУ „Тодор Каблешков“ се провежда систематична тематично подчертана богата научно – изследователска работа с цел овладяване и развитие на Еврокод 7 и 8. Изготвени и прилагани са лабораторни и полеви физически модели, редом със съвременното компютърно моделиране. Успешно са приложени новите знания и в учебните програми на студентите. Новите знания от Еврокод се прилагат и в другите изучавани специалности, различни от Геотехниката, каквито са „Транспортно строителство“, „Надзор и експлоатация на хидротехнически съоръжения“ и „Строителство на нефто- и газопроводи“.

Учените от Университета имат подчертани приноси за разработването и усъвършенстването на българските национални приложения към Еврокод 7 и 8.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Костова С. - „Относно изчисляване на опънни фундаменти“, "Механика Транспорт Комуникации", статия № 1089, том12 3/3, 2014.
- [2] Костова С. - „Опънни фундаменти при свързани и несвързани почви“, "Механика Транспорт Комуникации" ISSN 1312-3823 (print), ISSN 2367-6620 (online) статия № 1225, том13, 3/3, 2015.
- [3] Костова С. – „Изпитване на опънни фундаменти“, "Механика Транспорт Комуникации" ISSN 1312-3823 (print) ISSN 2367-6620 (online) том 14, брой 3/3, 2016.
- [4] Костова С. – „Изследване на формата и големината на еластичното ядро при опънни плочи, "Механика Транспорт Комуникации" ISSN 1312-3823 (print) ISSN 2367-6620 (online), том 15, брой 3, 2017.
- [5] Костова С. - „Укрепване на дълбоки строителни изкопи“, "Механика Транспорт Комуникации" ISSN 1312-3823 (print) ISSN 2367-6620 (online) 2018.
- [6] Костова С. "Принципни новости в лабораторните опити и изпитването на почвите на място според Еврокод 7", XX международна научна конференция "ТРАНСПОРТ 2011", ISSN 1312-3823, бр. 3, 2011.
- [7] Костова С., „Усъвършенстване методите за отчитане на физико – механичните показатели на почвите в изчислителните модели при взаимодействието между конструкция и земна основа – изследване поведението на фундаменти, подложени

- на опън”, дисертация за получаване на образователната и научна степен „доктор” по научната специалност 02.15.03. Земна основа, фундиране и подземно строителство, ВТУ „Т. Каблешков, София, 2017, https://www.vtu.bg/wp-content/uploads/2017/07/Avtoreferat_Kostova.pdf
- [8] Колев Ч. - Рецензия на дисертацията на Стойна Костова за присъждане на научната и образователна степен „доктор“, ВТУ „Т. Каблешков“, София, 2017, https://www.vtu.bg/wp-content/uploads/2017/07/Recenzia_Kolev.pdf
- [9] Хамова М. - Рецензия на дисертацията на Стойна Костова за присъждане на научната и образователна степен „доктор“, ВТУ „Т. Каблешков“, София, 2017, https://www.vtu.bg/wp-content/uploads/2017/07/Recenzia_Hamova.pdf
- [10] Костова С., Ръководство за упражненията по земна механика - ISBN 978-954-12-0219-7, ВТУ "Тодор Каблешков", 2012.
- [11] Колев Ч. - „Механика на строителните почви“, ВТУ „Т. Каблешков“, ISBN 978-954-12-0262-3, 2019.
- [12] Колев Ч., М. Периклийска – „По-важните новости за българската строителна практика, произтичащи от Еврокод 8.5“, Сб. доклади от IX Международна научна конференция ВСУ'2009, 4-5 юни 2009, София.
- [13] Kolev C. – “Example for Risk Estimation of Fault Appearance under the Place of Designed Skyscraper in Sofia” – Proceedings of Fifth Int. Conf.on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics, May 24-29, 2010, San Diego, CA, USA.
- [14] Kolev C. – “Some Geotechnical Characteristics of the Subway Construction in Sofia City, Bulgaria” – Proceedings of 15th World Conference of ACUUS, Saint Petersburg 2016.
- [15] Колев Ч. – „Насипни конструкции или защо има вълни по нашите магистрали?“, ВТУ „Т. Каблешков“, ISBN 978-954-12-0253-1, 2018.
- [16] Анастасов И., И. Джанабетски – „Особености на Европейския стандарт за топлоизолация на фундаментите и неговото прилагане у нас“ – Млад Форум „Механика Транспорт Комуникации“, ISSN 1312-3823, том 2, брой 1, 2013.
- [17] Колев Ч., С. Масларски – „Сравнение на резултатите от пробно статично натоварване с прогнозните изчисления по нормите за пилотно фундиране“ - Механика Транспорт Комуникации - ISSN 1312-3823, том 2, брой 1, 2013.
- [18] Колев Ч., С. Масларски – „Алтернативен начин за определяне на носимоспособността при сондажно – изливните пилоти с голям диаметър“ - Механика Транспорт Комуникации - ISSN 1312-3823, том 12, брой 3/3, 2014.
- [19] Анастасов И., Ч. Колев – „Подобряване на земната основа на територията на строителната площадка“ - Механика Транспорт Комуникации - ISSN 1312-3823, том 12, брой 3/3, 2014.

THE SCIENTIFIC RESEARCHES AT THE “TODOR KABLESHKOV” HIGHER SCHOOL OF TRANSPORT AND THE DEVELOPMENT OF EUROCODE 7 AND 8.5

Kosta Kostov, Nevena Babunska-Ivanova

kpetrov77@abv.bg, babunska_n@abv.bg

***Todor Kableshkov University of Transport,
Sofia, 158 Geo Milev Str.
BULGARIA***

Key words: soil, seismicity, bearing capacity, standard, piles, tension.

Abstract: Along with the absorption and the development of the rules of the unified European system of standards for design of structures Eurocode at the “Todor Kableshkov” Higher School of Transport, the process of their application in the students' curricula, researches, investment projects and other practical activities of the scientists of this university is ongoing. An overview of the accumulated knowledge and practical experience of the scientists at the “Todor Kableshkov” Higher School of Transport has been made over the last ten years about the mastery, development and promotion of Eurocode 7 and Eurocode 8.5 among students and civil engineers in Republic of Bulgaria. An interesting model study of tensile foundations referring to Eurocode 7 has been explored. The publications of prestigious international conferences abroad based on Eurocode 8.5 were followed, as well as the useful conclusions from the published research results of PhD students and students in the field of geotechnics in accordance with Eurocode 7 and 8.5. Special attention is paid for the implementation and development of specialized computational programs for geotechnical design, adapted by the scientists for work on Bulgarian national applications to Eurocode. It is noted that the obtained new knowledge from the scientists at the “Todor Kableshkov” Higher School of Transport according to Eurocode is applied in engineering specialties studied in the university: “Geotechnics and engineering geology”, “Civil Transportation engineering”, “Supervision and exploitation of hydrotechnical facilities” and “Construction of gas and oil pipelines”.