УНИВЕРСИТЕТ
по Архитектура, Строителство и Геодезия
1046 София, бул. "Хр. Смирненски" №1
Регистрационен индекс и дата
682/08.09.2026

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертация за придобиване на образователната и научна степен „доктор"

Автор на дисертацията: **маг.инж. Мартин Бойков Петков**

Тема на дисертацията: **„Дисперсно армирани тунелни облицовки и тяхното поведение при сеизмично въздействие"**

Научен ръководител: **доц. д-р инж. Виктор Ташев**, катедра „Хидротехника и хидромелиорации", УАСГ, София

Професионално направление: **5.7. Архитектура, строителство и геодезия**

Научна специалност: **Хидротехническо строителство**

Член на научното жури: **проф. д-р. инж. Димитър Кисляков,** катедра „Хидротехника и хидромелиорации", УАСГ, София

Рецензията е написана в изпълнение на решение на Научното жури, назначено със заповед № 503 от 09.07.2026 г. на Ректора на УАСГ, София.

Представената дисертация обхваща 352 страници, включително фигури и таблици, номерирани по раздели. Цитираните литературни източници също са номерирани към съответните раздели. Общият им брой съгласно обобщената справка в Раздел 12.2. е 83.

1. Актуалност на разработения в дисертацията проблем

Дисертацията е посветена на специфичен и подчертано актуален проблем на съвременното тунелно строителство. Основната задача, която си поставя представеният труд – разработване на методика за оразмеряване на тунелни крепежни облицовки от дисперсно армиран бетон, включително при сезимично въздействие, е особено актуална.

Научната новост на разглежданото изследване се състои преди всичко в разработването и обосноваването на специализиран подход за оценка и оразмеряване на дисперсно армирани тунелни облицовки, който отчита спецификата на дисперсно армирания бетон, неговата остатъчна якост и реалното му поведение след напукване. В рамките на дисертацията са изведени уравнения за определяне на остатъчната якост, както и уравнения за оразмеряване на огъване, приложими към дисперсно армирани сечения. Именно това е съществения научно-приложен резултат, тъй като дава възможност за по-реалистична оценка на носещата способност на тунелните облицовки, армирани по такъв начин и преодолява ограниченията на директното прилагане на класическите правила за стоманобетон.

Към научната актуалност на представената работа може да се отнесе и аргументираното доказване на постановката, че пластичните стави могат да бъдат допустими като част от конструктивната работа на тунелната облицовка, когато са предварително конструктивно съобразени и контролирани.

Важно е да се подчертае, че постигнатите в рамките на дисертацията изследователски резултати са не само формално потвърдени, но и впоследствие приложени в реални условия. Това придава на извършената изследователска работа и висока практическаа инженерна стойност. Чрез приложението на обсервационния метод, чрез проследяването на деформациите в пробен участък и чрез анализа на действителното поведение на системата „скален масив – облицовка" е доказано, че предложената методика може успешно да се използва при проектирането и експлоатацията на тунелни облицовки в сложна инженерно-геоложка среда.

Обоснована е възможността за оразмеряване и конструиране на тунелни облицовки с допускане на пластична работа в определен обхват, което създава предпоставки за по-реалистични и икономически ефективни решения. Предложените зависимости и направените изводи могат да бъдат използвани пряко в инженерната практика при оценка на носещата способност, при анализ на деформациите и при конструктивно оформяне на дисперсно армирани тунелни облицовки.

Може да се обобщи, че представената дисертация представлява завършено научно изследване, което се характеризира с конкретни нови реаултати и тяхната висока практическа стойност. Това подчертава актуалността на дисертацията във важната и перспективна област на подземното строителство.

2. Степен на познаване на състоянието на проблема

Както беше споменато по-горе, ползваните в дисертацията литературни източници съгласно обобщената справка в Раздел 12.2. са общо 83. Освен това, използваната литература е посочена след всеки раздел, което освен изложението, ясно структурира и конкретната насоченост на ползваните източници по отделните аспекти на проведените изследвания. Този общ брой на ползваните източници не е особено голям, но потвърждава, че в резултат на своите дълоггодишни изследвания и практическа дейност авторът очевидно е детайлно запознат със съвременното състояние на проблема – както с фундаментални изследвания по механика на разрушението на дисперсно армирани стоманобетонни елементи, така и с подходите при моделирането на такива конструкции (в частност – крепежни облицовки) за нуждите на проектантската практика. Нещо повече, тази ерудиция се отнася не само до физическото поведение, моделите и методите за изчисляване, но и до целия процес, включващ последващия контрол и експлоатационния мониторинг. Всичко това ясно се вижда от съдържанието на представения дисертационен труд и от извършените в хода на изследванията критични анализи.

3. Съдържание, методика на изследване и постигнати резултати

Представената дисертация се състои от 12 раздела и някои допълнителни части: Увод, Съдържание, Благодарности (на български и английски език), списъци на фигурите и таблиците и кратко резюме на английски език. По-долу следва кратко представяне на отделните раздели – единствено за пълнота на настоящата рецензия с цел представяне на структурата на дисертацията и нейното методично построение.

Работата започва с Увод, в който се изяснява мотивацията за извършването на представените изследвания и се формулират общите задачи. Дадени са и определенията на някои основни понятия, използвани в дисертацията и е направен преглед на нейната структура по раздели. След Въведението в Раздел 1., в Раздел 2. следва анализът на литературните източници по темата на дисертацията. Той е доста подробен и това, което тук прави впечатление, е ясното структуриране на литературния анализ по конкретни области, свързани със задачите на работата – от общите положения в подземното строителство през материалознанието на бетона и неговото дисперсно армиране до поведението на тунели при сеизмично въздействие.

Следващият Раздел 3. заема централно място в дисертацията. Той е озаглавен „Теории за оразмеряване на тунелни облицовки от пръскан бетон“, но представените в него теоретични положения обхващат всъщност много по-широк кръг въпроси. Всъщност, в този раздел продължава литературният анализ, но вече на друго ниво на подробност и от гледна точка на теоретичната основа на дисертацията. Започва се общо с проектирането на тунели с представянето на т.нар. Нов австрийски тунелен метод – НАТМ. Следва представяне на определени механични изчислителни модели при проектирането на тунели в здрави скални породи. По-нататък са представени такива модели и за нескални породи. След това се преминава към моделите за поведението на дисперсно армиран бетон в

напречното сечение на тунелни облицовки, анализират се механизми на разрушението и енергетичен подход към граничното напрегнато състояние. Подробно се разглеждат съществуващи модели за поведението на материала на ниско структурно ниво – вид и ориентация на фибрите, взаимодействието им с циментовия камък, образуване и разпространение на пукнатини и подходи за тяхното ограничаване. Накрая се обръща специално внимание на определянето на якостта на опън и на моделирането на дисперсно армирани бетонни елементи на огъване, натиск и срязване с цел оценка на носещата способност при поведение на елемента от съответния тип. Този ключов и особено разнороден и обемен раздел завършва с обобщение на резултатите от проведения анализ на представените теоретични подходи и конкретни модели. Това е определено достойнство на работата, което се отнася и до другите раздели.

Един от основните проблеми при проектиране на дисперсно армирани тунелни облицовки, особено в слаби скални или нескални породи, е липсата на: експериментални данни; рецепта за бетона; ясни показатели на сместа (материал и количество на дисперсната армировка, производител / доставчик на дисперсната армировка и други), както и отсъствието на ясна изчислителна методика. Най-напред, след дефиниране на целта и обхвата на анализа, в Раздел 4 е извършено уточняване на използваните якостни показатели съобразно с нормативната база и спецификата на дисперсно армирания бетон с фибри. След това е извършен подбор на нормативни, литературни и лабораторни източници, въз основа на които са идентифицирани основните фактори, влияещи върху остатъчната якост на опън при огъване. След това са определени независимите параметри на анализа и е формирана база данни от експериментални и обработени налични резултати, служеща като основа за последваща статистическа обработка. С тези данни е проведен регресионен анализ за установяване на емпирични зависимости между входните параметри и остатъчната якост, като е оценена адекватността, физическата достоверност и инженерната приложимост на получените модели. В резултат на тази статистическа обработка са изведени уравнения относно влиянието на якостта на бетонната матрица, съдържанието и характеристиките на фибрите върху остатъчната носимоспособност след напукване.

В Раздел 5 целта е да се изведе зависимост за оразмеряване, т.е. уравнение за определяне на носеща способност на сечение подложено на огъване в крайно гранично състояние (ULS) съгласно Еврокод 2. Извеждането на подобна зависимост решава проблема с отсъствието понастоящем на оразмерителна процедура в Еврокод 2 за дисперсно армирани сечения, който в практиката се решава посредством комбиниране на подходи от различни други технически документи. Предложеният подход се състои от приемане на изчислителен модел на базата на класическия деформационен подход и въвеждане на основните параметри: клас на бетона по якост на натиск, остатъчни якости f_{R1} и f_{R3}, и дебелина на сечението h. По-нататък, чрез параметричен анализ е изследвано влиянието на тези фактори върху носещата способност на огъване и получените резултати са обработени статистически. Извършен е и анализ на значимостта на параметрите. Установено е, че дебелината на сечението има доминиращо влияние, което налага изграждането на отделни регресионни зависимости за различни дебелини. На тази основа са изведени междинни зависимости, които впоследствие са обобщени в окончателно оразмерително уравнение. Предложеното уравнение отчита влиянието на якостта на бетонната матрица, остатъчната носимоспособност след напукване и дебелината на сечението. Определени са и границите на приложимост на зависимостта за бетоните от C20/25 до C50/60 и условията за осигуряване на минимална дуктилност.

В Раздел 6, изведените зависимости за остатъчната якост на опън при огъване и на изведената процедура за определяне на носещата способност на дисперсно армирано сечение в крайно гранично състояние са проверени чрез реалното им приложение в тунелен проект на пробен участък. Прилагането на обсервационния метод в разглеждания

случай е обусловено от изискването проектното решение за първичната (т.е. крепежната) облицовка да бъде разработено, изпълнено, наблюдавано и при необходимост коригирано в процеса на строителството, в зависимост от действително проявеното поведение на системата „скален масив – тунелна облицовка". За съставяне на проектното решение първоначално са определени допустими граници на поведение, изразени чрез контролни стойности на деформациите, които да бъдат проследявани чрез система за наблюдение. След това е проведен обратен анализ върху изчислителен профил, отчитащ реално изпълнен крепеж в участък с проявени значителни деформации и повреди. Инженерно-геоложките условия в модела са интерпретирани по такъв начин, че изчислените деформации да съответстват в достатъчна степен на реално регистрираните деформации. По този начин, определените чрез обратния анализ параметри са използвани като изходна база за разработване на новото решение за тунелния крепеж. Така се осъществява пряка връзка между експериментално-статистическата част на изследването, изведените изчислителни зависимости и тяхното приложение при оразмеряването на реална тунелна облицовка. С това Раздел 6 изпълнява ролята на преход между изведените в Раздел 4 зависимости за остатъчната якост на опън при огъване на дисперсно армирания бетон, формулираната в Раздел 5 методика за оразмеряване на сечение на огъване и тяхното реално инженерно приложение при изпълнение на пробен участък по обсервационния метод. Тук се доказва, че разработената изчислителна методика може да бъде използвана както за предварително определяне на необходимата носеща способност на облицовката, така и за последваща проверка на нейната приложимост в условията на реално строителство и постоянно наблюдавано поведение на системата „скален масив – облицовка".

Следващият Раздел 7 е посветен на тунелни конструкции в здрави скални породи. Тук са представени два възможни подхода за проектиране на тунелни облицовки – първият съгласно изискванията на системата от Еврокодове за стоманобетонни конструкции и вторият по обсервационен метод за проектиране на геотехнически съоръжения. Разглежданият тунелен обект представлява част от подземна железопътна гара, разположена в град Гьотеборг, Швеция, изпълнявана по тунелен способ, и характеризираща се с изключително големи размери на напречното сечение. Конструкцията е с максимална широчина до 45 m, височина до 15 m и площ на напречното сечение над 500 m², което я отнася към групата на подземните съоръжения с голям отвор и сложен пространствен и конструктивен отговор на натоварванията и въздействията. Представено е извършеното оразмеряване по двата подхода и сравнението на получените резултати.

След анализираното до тук поведение на дисперсно армираните тунелни конструкции от пръскан бетон при статични натоварвания, в Раздел 8 е представено приложението на такива облицовки на земетръсно въздействие като динамично натоварване. В рамките на дисертацията, този раздел представлява окончателен етап на потвърждаване на инженерната приложимост на разработения цялостен подход, в който се подлага на проверка поведението на дисперсно армираните облицовки при извънредно въздействие, характеризиращо се с възможност за допълнителни деформации, преразпределение на вътрешните усилия, локално намаляване на коравината и формиране на пластични зони в облицовката. По този начин сеизмичното въздействие се разглежда като граничен инженерно значим случай, чрез който се оценява доколко дисперсната армировка, остатъчната якост на опън при огъване и поведението на конструкцията след напукване (и при образуване на пластични стави) могат да осигурят запазване на носещата способност и експлоатационната годност на тунелната облицовка. Разделът започва с доста обширна обзорна част по темата. След това, за целите на анализа сеизмичното въздействие върху системата „скален масив – тунелна облицовка" е моделирано по псевдо-статичен подход. Изборът на този метод е обоснован от целта да се извърши инженерна оценка на

напрегнато-деформираното състояние и на носещата способност на разглежданата система при сеизмично въздействие. Сеизмичното натоварване е отчетено посредством въвеждане на еквивалентни инерционни сили, определени въз основа на пиковите стойности на земните ускорения. Така възприетият подход, при който реалното динамично въздействие се идеализира в статически еквивалентна форма, позволява да се оцени реакцията на системата при най-неблагоприятни инерционни въздействия. Получените резултати са подробно представени и знализирани.

В останалите 4 раздела (от 9. до 12.) на дисертацията са описани извършените от докторанта дейности през периода на обучение, заключение, справка за приносите и библиография.

4. Научни и научно-приложни приноси

В Раздел 11, части 11.1 и 11.2 на дисертацията са описани научни и научно-приложни приноси. По принцип приемам всички тези приноси като такива, но според мен всички те са по-скоро научно-приложни, доколкото по същество цялата работа има приложни характер и насоченост, независимо от факта, че за постигането на тези конкретни изследователски резултати са приложени научни методи и инструменти. Освен това, за съжаление приносите не са ясно обособени като списък от такива, а остава по този начин да се разбират описанията в отделните абзаци на споменатите части от текста.

5. Критични бележки и препоръки

По мое скромно мнение, към представената дисертация могат да се отправят следните по-съществени критични бележки:

- форматът на цитиране на източниците в текста не е унифициран: редица източници са цитирани в квадратни скоби, но на места са цитирани и с имена на авторите в скоби (напр. с.130, 131);
- някои фигури за съжаление трудно се разчитат (напр. 2.7, 6.8. до 6.17);
- привеждане на зависимости с неясен източник – напр. всички тези на с.133/134 за модела на Li ли се отнасят?;
- терминологично – недопустимо е наричането на нормалните напрежение по направление на тангентата към тунелното сечение с понятието „тангенциални" (с.31, 32, фиг.3.1. и на още много места);
- методични бележки:
    - необяснени / непълно обяснени фигури (например резкият спад на фиг.2.9., фиг.3.6., двата различни клона в зона 2 на фиг.3.10., на фиг.3.46. Случай 1 т.С не е означена и обратните клонове не са обяснени физически, обратният клон на фиг.3.76. също не е обяснен);
    - има известно повторение на части 2.4., 2.5. и началото на Раздел 8.;
    - необходимостта от въвеждане на еквивалентно напрежение в част 3.4.5. не е обяснена;
    - не става ясно, как формално се вписва изведеното уравнение (5.52) в системата Еврокод? Предлага се нова зависимост за нов материал, която използва параметрите в дадения нормативен документ – административният контекст не е обяснен.

Разбира се, посочените забележки не омаловажават стойността на голямата по обем и свършена работа, подробна и задълбочена дисертация. Те по-скоро имат за цел да насочат

вниманието на автора и към нуждата от максимална пълнота и яснота на изложението в пододбни случаи, дори ако това е за сметка на част от представената информация.

6. Публикации по дисертацията

По дисертациите са публикувани 5 (пет) работи на докторанта на български език – две самостоятелни и две в съавторство с научния ръководител – и четирите в Годишник на УАСГ. Петата работа е доклад на международна научна конференция, но от представената от автора библиографска справка не става ясно, кои са авторите.

Заключение

Проведените изследвания и постигнатите резултати в представената голяма по обем, задълбочена и стойностна дисертация, както и изпълнените допълнителни изисквания на ЗРАСРБ и Правилника за прилагането му ми дават основание да препоръчам на уважаемото научно жури да присъди образователната и научна степен „**доктор**" на инж. Мартин [redacted] Петков в професионално направление: 5.7 "Архитектура, строителство и геодезия", научна специалност "Хидротехническо строителство".

септември 2026 г.

Съставил:

[redacted]

/ проф. д-р инж. Димитър Кисляков /