

РЕЦЕНЗИЯ

от проф. д-р инж. Маргарита Николова Хамова – професор по научната специалност "Земна основа, фундиране и подземно строителство", научно направление 5.7. Архитектура, строителство и геодезия

на дисертационния труд на инж. Любен Евтимов Любенов на тема „Уточнено моделиране на контактни задачи с метод на крайните елементи“, представен за получаване на образователната и научна степен „доктор“

Рецензията е изготвена въз основа на решение на Научно жури, избрано от ФС на СФ (прот. №33/30.10.2012 г.) и утвърдено със заповед на Ректора на ВСУ №1040/31.10.2012 г., както и на взетото на първото му заседание решение (Прот. №1/26.11.2012 г.) и издадена заповед на Ректора на ВСУ №1190/11.12.2012 г. за рецензенти на дисертационния труд.

Дисертационният труд е обсъден и насочен за защита на разширено заседание на катедра „Механика и математика“ – ВСУ „Л. Каравелов“, състояло се на 30.10.2012 г. Дисертацията съдържа 162 страници текст, 324 формули, 103 фигури и 20 таблици. Литературният обзор съдържа 192 източника, от които 93 бр. на кирилица и 99 бр. на латиница.

Предоставеният за рецензиране дисертационен труд отразява резултатите от теоретичните изследвания на автора върху моделиране и решение на контактни задачи с метода на крайните елементи (МКЕ), главно гредя на еластична основа и прът в еластична среда, което наподобява работата на стоящ пилот. Темата на дисертацията е изключително интересна и по същество обединява две научни специалности „Строителна механика, съпротивление на материалите“ и „Земна основа, фундиране и подземно строителство“.

Дисертационният труд е развит в три глави, въведение и литература. Отделно са представени основните приноси в дисертацията, а към автореферата е добавен списък с публикациите на автора, свързани с дисертацията.

В глава **Въведение** инж. Любенов по безспорен начин доказва актуалността на проблема и аргументира новите възможности, които предоставя развитието на техниката за решение на сложните диференциални и интегрални уравнения на механиката с използване на числени методи, главно с МКЕ.

Глава 1 по същество представлява литературен обзор по темата на дисертацията. Съдържа кратки исторически бележки, критичен анализ на двата основни модела на земната основа – на Winkler и Boussinesq, както и други модели, с които се прави опит да се съвместяват двата модела или да се избегнат някои от техните недостатъци. Разгледана е и връзката между коефициента на леглото по Winkler k и физическите характеристики на земната основа – еластичен модул E_s и коефициент на Poisson, както и коравината на гредата EI . След това авторът прави преглед на съществуващите методи за решаване на гредата на еластична основа като показва отлична осведоменост по въпроса. При класифициране на гредите на еластична основа на корави, къси и дълги, авторът предлага свой критерий за късата гредата, базирайки се на изследване поведението на хиперболо-тригонометричните функции на Крилов, направено в глава 2.

Тъй като в дисертационния труд инж. Л. Любенов изследва и устойчивостта на прът в еластична среда, което е аналогично на единичен пилот, забит в еластична земна основа, в **Глава 1** е направен анализ на решенията за определяне на критичната сила при различни случаи на забиване и подпиране и различно разпределение на коефициента k по дълбочина.

В **Глава 1** е разгледано и приложението на МКЕ за решаване на гредата на еластична основа и за изследване устойчивостта на пръти в еластична среда.

Тук прави впечатление, че литературният обзор е отежнен с излишни решения и формули, които ако са необходими следва да бъдат приложени в Глава 2 и Глава 3 с позоваване на съответните литературни източници. В същото време липсват изводи и заключение, въз основа на които да се установи какво още не е направено и да се стигне до логично формулиране на основните цели и задачи на дисертацията. По този начин съдържащите се в края на **Глава 1** цели и задачи на дисертацията няма да стоят откъснато от направения литературен обзор. В този раздел целите и задачите на дисертацията следва да се разделят с отделна номерация.

В **Глава 2** се решават задачи, които обосновават първата цел, която си е поставил автора в дисертацията – създаване на уточнен модел на земната основа, при който решението на гредата на еластична основа се извършва с МКЕ като се използват хиперболо-тригонометричните функции на Крилов вместо полиномни функции за апроксимация на функцията на напречното преместване на оста на гредата. В тази глава това заместване на функциите е аргументирано ясно и е направено графично сравнение между двата подхода.

В **Глава 2** е направен опит за изчисляване на винклеровата константа при двупластова среда в зоната на затихване на напреженията, чието определяне се третира по-нататък в дисертацията. Очевидно е, че това не е дебелина на слегаемия пласт, както се твърди за примера в т. 2.2. Тук следва да се отдели в отделна точка изследването за разпределение на земната реакция според различните автори и на тази база да се предложи модификация на модела на Winkler чрез изменящ се коефициент на леглото по дължина на

гредата. Тук не е известно авторството на предложената формула 2.34 за изменението на $k(x)$.

Едно съвременно третиране на контактната задача изисква разделянето на земната основа в хоризонтално направление на „близка“ и „далечна“ зона, като за критерий се приема $\sigma_y \leq 0,1q$ (σ_y е вертикално напрежение, а q е равномерно разпределен товар върху полупространството). При ползване на формулите на Flamant се достига до извода, че близката зона се описва с правоъгълник с размери $x = 4a$ и $y = 12a$, където a е полуширината на ивицата. Тук естествено възникват два въпроса:

- Защо за критерий на близката зона е избрано $\sigma_y \leq 0,1q$ и не може ли да се приеме друго съотношение, както и кой е първоизточникът на този критерий?
- Как се отразява невалидността на формулите на Flamant близо до повърхността при $y \leq 2,5b$, където b е ширина на ивицата, върху точността при определяне размерите на „близката“ зона?

В **Глава 2** с помощта на програмния продукт Ansys е изследвано разпределението на напреженията при анизотропна и нееднородна среда, както и при пласт с ограничена мощност. Разгледани са и методите за определяне на коефициента на леглото в някои програмни продукти.

Глава 2 завършва с фиг. 2.29 без коментар на получените резултати и създава впечатление за незавършеност.

Глава 3 също е основна в дисертацията и третира втората основна цел – определяне критичната сила на прът в еластична среда, което демонстрира работата на пилот, забит частично или изцяло в земната основа. Тук отново се използва МКЕ чрез хиперболо-тригонометрична апроксимация на функциите на формата. Очевидно е, че земната основа около пилота оказва значително влияние върху стойността на критичната сила. Ако земната основа липсва, то стоящия пилот се превръща в обикновен прът. Тук освен влиянието на земната основа се изследва и начина на закрепване в главата и петата на пилота. За изчислителните процедури инж. Л. Любенов създава своя програма на MATLAB, възможностите на която са сравнени със SAP 2000 и TOWER, както и с аналитичното решение. Резултатите са представени таблично и графично. Най-големи разлики се установяват при малък брой крайни елементи, а при по-голям брой – разликите почти изчезват.

В **Глава 3** са направени редица интересни изследвания – влияние на удължаването, дължащо се на реакцията на средата върху критичната сила, влияние на разпределението на земната реакция върху критичната сила, изразено чрез разпределение на коефициента на леглото по дълбочина, влияние на околното триене, осовото натоварване, влияние на опорните условия на пръта в еластична среда и др. Тези влияния могат да се предвидят въз основа на инженерния опит, но настоящото изследване дава възможност за числена

представа за размера на това влияние. Тук още по-ценни щяха да бъдат резултатите, ако беше подбран реален пилот в реална еластична среда.

Основните приноси в дисертацията са формулирани и са девет на брой. Тук авторът смесва изводите от изследванията с приносите и, ако ги беше разделил, по всяка вероятност приносите щяха да бъдат по-малко, което е по-нормално за дисертация за придобиване на образователна и научна степен „доктор“.

Дисертацията завършва със списък на използваната литература. Тука прави отлично впечатление, че инж. Л. Любенов познава добре българските постижения в областта на контактната задача, като не е пропуснал нито един автор. Освен това добре познава световните постижения по темата и дори е включил трудове от последните 10 години.

Положителните страни на дисертационния труд на инж. Любен Любенов следва да се търсят в няколко направления:

- Темата на дисертацията е изключително актуална, имайки предвид факта, че до сега не може да се даде еднозначен отговор за това кой модел на земната основа е по-добър и кой метод за решаване на контактната задача е по-точен. Затова всяко изследване в тази насока води до натрупване на нови знания, които в даден момент ще подпомогнат практиката;
- Направено е щателно проучване на нашия и чуждестранен опит и на тази база са използвани най-подходящите подходи при разработване на дисертационния труд;
- Сполучливо е използван МКЕ за решаване на конкретни контактни задачи за конструкции върху и в еластична среда;
- Изследвани са различни влияния върху търсените параметри, които допринасят за увеличаване на точността при определянето им.

Наред с положителните страни на дисертацията, към представения труд имам някои **забележки и препоръки**, които имат за цел подобряване на неговото качество:

- Има неправилно изписани думи и имена на някои автори;
- Липсват подфигурни надписи и надписи на таблици;
- Не е приета единна координатна система;
- Употребяват се русизми – сваи, свайни фундаменти, провес и др.;
- Съгласно нашите норми пилотите се делят на стоящи и висящи. Употребата на „сediaщи“ и „плаващи“ пилоти е неправилна;
- На фиг. 2.2 на стр. 56 абцисата следва да се надписва при стойност на ординатата 0, а не там, където има място. Тази графика е важна, защото от нея авторът предлага нова граница в класификацията на гредите по Winkler;
- Фиг. 2.29 на стр. 92 не е довършена и не се чете;

- На фиг. 2.5 и 2.6 на стр. 60 липсва графика при $k = 68$ при хиперболо-тригонометрична апроксимация, която по стойност съвпада с графиката при $k = 6800$, но това следва да се отрази по някакъв начин;
- В **Глава 2** е необходимо категорично да се изясни какво е деформируем пласт, активна зона на слягане и „близка“ зона. Препоръчаните граници на „близката“ зона $x = 4a$ и $y = 12a$ (a – полуширина на гредата) следва да бъдат отнесени само към съответния случай на натоварване на полупространството;
- В изводите на стр. 129 се прави заключение, че вертикалната податливост има сравнително малко влияние върху големината на критичната сила. Това е така само при приетото подпирание на пилота при главата и петата, т.е. при стоящ пилот. Съвсем различно ще бъде влиянието при висящи пилоти и това може да бъде тема на бъдещо изследване на автора;
- Никъде в дисертацията не се изяснява позицията на Еврокод по разглежданата тематика;
- Липсва глава **Насоки за бъдещи изследвания**, която не е задължителна, но показва, че авторът знае какво още следва да бъде обект на бъдещата му работа. Бъдещите изследвания на автора следва да обхванат реални греди на еластична основа със съответната коравина, дължина и натоварване, реални стоманобетонни пилоти и пилотни фундаменти, да се изследва влиянието на динамични въздействия от земетръс и др. Науката ще спечели, ако теоретичните изследвания бъдат проверени експериментално.

По дисертацията са направени общо пет публикации, които отразяват постиженията на инж. Любенов.

Авторефератът се състои от 56 стр. и напълно отговаря на дисертацията.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Представеният за рецензиране дисертационен труд на гл. ас. инж. Любен Любенов представлява едно задълбочено изследване върху моделирането и решението на контактни задачи с Метода на крайните елементи. Той е положил огромен труд и е получил определени теоретични приноси по темата на дисертацията.

Намирам, че представеният труд е напълно достатъчен за получаване на образователна и научна степен „доктор“ и препоръчам на уважаемото Научно жури да му я присъди.

18.01.2013 г.

гр. София

Рецензент:

/проф. д-р инж. М. Хамова/