

## РЕЦЕНЗИЯ

на представеният от **Йонко Динев Стойнев** дисертационен труд на тема: **“Изследване на магнитоелектроеластични композити с пукнатини чрез метода на граничните интегрални уравнения”** за присъждане на образователната и научна степен **“Доктор”** по научната специалност **01.01.13 „Математическо моделиране и приложения на математиката“**

Рецензент: доц. д-р Красимир Георгиев, ИИКТ – БАН

### *А. Област на изследванията, актуалност, основни цели.*

Представеният дисертационен труд е в една актуална и развиваща се област. Той представлява едно завършено изследване свързано с теоретични изследвания, разработване на алгоритми, компютърни програми и приложения за задачи от механиката на разрушенията.

**Основните цели** на изследванията в дисертационния труд обхващат следните групи от задачи: (а) разработване на метод от типа на методите на граничните интегрални уравнения за решаване на клас от задачи за пукнатини в равнина от магнитоелектроеластичен (МЕЕ) материал, който е подложен на статично или динамично натоварване, на магнитно натоварване, на механично натоварване или на комбинация от тези три вида товари; (б) тестване и валидиране на предложените алгоритми; (в) провеждане на множество съдържателни симулации посредством използване на създадените компютърни програми реализиращи предложените алгоритми; (г) анализ на резултатите от компютърните експерименти.

В представения дисертационен труд се разглежда разпространението на плоски хармонични във времето хоризонтално поляризирани SH (shear wave) вълни в равнина от МЕЕ композит с пукнатина. Падащата вълна се разпространява в разглежданата

равнина в произволна посока, но трептенията на частиците от средата стават в посока перпендикулярна на посоката на разпространение на вълната и са извън равнината. Този вид равнинна задача се нарича „antiplane”.

**Предмет на изследване** в представения дисертационен труд е антиплейн задача, при която механичното преместване има само една компонента перпендикулярна на разглежданата равнина, а векторите на интензитета на електричното поле и вектора на напрежението на магнитното поле лежат в изследваната МЕЕ равнина. Механичните напрежения в този случай са само от срязващ вид. Разглежданата в дисертацията пукнатина е електромагнитно непрониклива, което означава че пукнатината е свободна както от механични усилия така и от повърхностни електрични и магнитни токове.

**Б.** Дисертацията, в обем от 147 страници, се състои от увод, седем глави, заключение и литература. Библиографията включва 80 заглавия, от които 79 на английски език и едно на български език. От цитираните заглавия 66 са публикувани след 2000 г., т. е. в последните десет години. Според рецензента всички посочени източници в библиографията правилно са цитирани в текста на дисертационния труд. В дисертацията има 26 фигури и една таблица.

**Уводът** е в обем от шест страници. В него дисертанта е представил мотивацията си за подготвянето на представената дисертация. В подробности и в дълбочина е направен обзор на основните резултати постигнати в предметната област. Дадени са някои от основните дефиниции, описани са методологията на изследванията и основните задачи, които са стояли пред дисертанта при разработването на представената дисертация. В резюме е представено съдържанието на отделните глави.

Получените и представени за защита резултати са оформени в следващите седем глави, които са структурирани добре и се четат без съществени затруднения.

**Първа глава** (14 стр.) е едно естествено продължение на уводната глава, в която се продължава анализа на състоянието на изследванията по проблема досега, като е направен извод за отсъствие в литературата на изследвания на динамичната задача за хомогенни и нехомогенни МЕЕ среди с пукнатини с нехиперсингулярен

метод на граничните интегрални уравнения, каквато е една от целите на дисертанта. В първата част на главата са изведени конститутивните уравнения за трансверзално изотропно тяло подложено на антиплейн механично натоварване и инплейн електрично и магнитно натоварване. Формулирана е двумерната граничната задача за МЕЕ материал с антиплейн пукнатина, която е подложена на статично или динамично, хармонично във времето, натоварване. Според рецензента би било по-добре, ако двете части на тази глава са представени в обратен ред.

Във **втора глава** (обем от 8 стр.) се използва известен подход използван в пиезоелектричен случай за извеждане на нехиперсингулярно гранично интегрално уравнение което да е еквивалентно на уравнението в граничната задача поставена в Глава 1. Получена е формула за МЕЕ поле във всяка точка от равнината. Дефинирани са коефициента на интензивност на напрежението, коефициента на интензивност на електрическата индукция и коефициента на интензивност на магнитната индукция.

**Трета глава** (обем от 46 стр.) е посветена на намиране на фундаменталното решение на вълновото уравнение за МЕЕМ, разгледан в Глава 2, с използване на трансформациите на Радон. Основната трудност при използване на метода на граничните интегрални елементи (МГИУ) е намирането на фундаменталното решение на системата частни диференциални уравнения. В случаите като разглеждания в дисертационния труд на Йонко Стойнев, т. е. свързана задача в МЕЕ среда, намирането на фундаменталното решение е сериозно предизвикателство. Съществуването на такова решение за разглеждана система е доказано от друг автор, а в дисертацията за класове от функции се намира в явен вид това решение. За целта се използва право и обратно преобразование на Радон. Искам специално да отбележа, че всички формули в тази глава (а, и в цялата дисертация) са изведени подробно и последователно. Това важи и за представените доказателства на твърденията (виж например §3.2, стр. 31–61 и стр. 62 – 73).

Рецензентът е съгласен с описаните приноси представени в Глава „Заклучение“ (стр. 138-139) , касаещи постиженията в Глава 3.

В следващите три глави дисертанта валидира и прилага при двумерни изследвания на динамичното поведение на МЕЕ материали с пукнатина в четири интересни за практиката случаи.

**Четвърта глава** (обем от 10 стр.) е посветена на двумерни изследвания на динамичното поведение на МЕЕ материали с пукнатина в случая на хомогенен материал подложен на статичен магнитоелектромеханичен статичен товар и когато обобщения вектор на преместването не зависи от времето. Разгледана е пукнатина в безкрайна, хомогенна равнина от МЕЕ материал, която е подложена на антиплейн механично и инплейн електрично и магнитно натоварване. Предположено е, че пукнатината е непропусклива по отношение на електричното и магнитното поле и е свободна от усилия. С използване на резултати получени в Глава 3 е намерено фундаменталното решение на тензорното уравнение за статично равновесие. С помощта на резултат получен в Глава 2 и на базата на намереното фундаментално решение числено е решено полученото нихиперсингулярно гранично интегрално уравнение. Създадена е компютърна програма на алгоритмичния език Fortran за решаване на ГИУ в усилия. Таблично и на фигури са представени резултати получени от компютърните експерименти, които са дискутирани и са направени съответните изводи. Дадена е областта на приложения на получените в тази глава на дисертацията, резултати, а именно при решаване на задачи за намиране на скока на преместването, ако средата е подложена на електрично, на магнитно или на комбинация от двете, натоварване, като могат да се изследват пукнатини с различна геометрична форма.

Рецензентът е съгласен с описаните приноси представени в Глава „Заклучение“ (стр. 138-139) , касаещи постиженията в Глава 4.

**Пета глава** (обем от 23 стр.) е посветена на двумерни изследвания на динамичното поведение на МЕЕ материали с пукнатина в случая на хомогенен материал подложен на динамичен магнитоелектромеханичен статичен товар – хармонично по времето, антиплейн механично и инплейн електрично и магнитно натоварване. Отнова се предполага непропускливост на пукнатината, което означава, че тя е запълнена със среда непропускаща електрично и магнитно поле. За решаване на задачата е намерено съответното фундаментално решение и вълновото поле на падаща SH-вълна разпространяваща се в МЕЕ следа. Системата от интегро-диференциални уравнения се решава числено, като алгоритъма следва известен алгоритъм за пиезоелектричния случай. Върху пукнатината са използване квадратични гранични елементи. Решен е числен тестов пример с цел сравняване на получените резултати с известни такива от литературни източници. Тези сравнения показват, че максималните разлики в двете

решения са около минималните стойности и са по-малки от 10%. Направените параметрични изследвания показват, че има силна зависимост на коефициентите на интензивност на напрежение от вида на комбинирания товар и неговите свойства, от електрическите, еластичните и магнитните константи на изследвания материал.

Рецензентът е съгласен с описаните приноси представени в Глава „Заклучение“ (стр. 138-139) , касаещи постиженията в Глава 5.

**Шеста глава** (обем от 27 стр.) е посветена на двумерни изследвания на динамичното поведение на експоненциално нехомогенни МЕЕ материали, които са под въздействието на динамичен товар – хармонично по времето антиплейн механично натоварване и инплейн електрично и магнитно натоварвания. Резултатите получени в Глава 3 са приложени за намиране на съответното фундаментално решение. Прилага се право и обратно преобразование на Радон. Представени са резултати от компютърни експерименти с програмна реализация на разработения алгоритъм на алгоритмичния език Fortran. След анализ на тези резултати е направен извода, че за функционално подреден МЕЕ материал концентрацията на напрежение, електрично и магнитно поле зависи от големината и посоката на градиента на нехомогенност, посоката на разпространение на падащата вълна и от големината на външното натоварване.

Рецензентът е съгласен с описаните приноси представени в Глава „Заклучение“ (стр. 138-139) , касаещи постиженията в Глава 6.

**Седма глава** (обем от 5 стр.) е посветена на изследване на динамичното поведение на експоненциално нехомогенни МЕЕ материали с пукнатина при критически честоти, управляващи състоянието на средата. Разглежда се трансверзално изотропна линейна МЕЕ среда с пукнатина, която е подложена на външно антиплейн механично натоварване, инплейн електрично натоварване и инплейн магнитно хармонично по времето натоварване. Управляващите уравнения и съответното фундаментално решение са разгледаните в Шеста глава на дисертацията. Отново се използва права и обратна трансформация на Радон и се прилагат резултати получени в Глава 3. Представени са в графичен вид резултатите от компютърни експерименти. Същите са

анализирани и е направен извода, че за функционално подреден МЕЕ материал стойностите на скока на механичното преместване на пукнатината са чувствителни към посоката и градиента на нехомогенността.

Рецензентът е съгласен с описаните приноси представени в Глава „Заключение“ (стр. 138-139) , касаещи постиженията в Глава 7.

**В.** Рецензираният дисертационен труд представлява съдържателен научно-изследователски труд, който е резултат от системна работа на автора в областта на разработването на алгоритми и приложения на метода на граничните интегрални уравнения за задачи с пукнатини в МЕЕ среда.. Впечатление правят техниките приложени за решаване на формулираните задачи и подробните изводи на формулите и доказателствата на формулираните твърдения,. Дисертацията включва, както важни и направени с професионализъм теоретични изследвания, така и множество компютърни експерименти . Има ясно изразен напълно завършен цикъл “теория – софтуер – компютърен експеримент – анализ, изводи и препоръки”. Стилът на изложение е коректен и ясен. Добро впечатление, според рецензента, прави факта, че болшинството от имената и названията (съкращения) на добили гражданственост модели и алгоритми, както и на посочените други автори са изписани в оригинал, независимо дали са на кирилица или латиница. Специално внимание искам да обърна върху направения от автора обзор на изследванията в областта на дисертацията (§ 1.2), който е много задълбочен и професионален.

**Г.** Списъкът от публикации на Йонко Стойнев, представени за участие в процедурата се състои от **пет** работи. Те са публикувани в периода 2008 г. – 2010 г. Три от статиите са в съавторство с научния ръководител на дисертанта. Публикациите обхващат основните резултати представени в дисертацията. Резултати по материали от дисертацията са докладвани многократно на специализирани научни конференции и семинари у нас. Не са ми представени цитирания на представените публикации на дисертанта.

*Д.* Авторефератът (44 стр). правилно отразява съдържанието на дисертацията и основните приноси, представени за защита.

*Е.* Нямам съществени критични бележки, които биха повлияли на положителната ми оценка на представения дисертационен труд. Въпреки това бих си позволил да отбележа следното: (*а*) в цялата дисертация има много изречения, които не завършват с „.”, някои завършват със „.”, като това в по-голяма степен се отнася към текстовете с формули; (*б*).части от текста на дисертацията с много формули и означения се четат трудно (виж, напр. стр. 14); (*в*) мащабът в някои от фигурите (виж напр Фиг. 6.4) не е подбран достатъчно добре и фигурата трудно може да бъде разбрана, особено ако е разпечатана в черно-бяло; (*г*) препоръчително е постигнатите резултати да бъдат представени на специализирани международни конференции с рег review и в специализирани международни списания, за да получат оценка от международната колегия..

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ:** Представената за рецензиране дисертацията удовлетворява всички изисквания на Закона за развитие на академичния състав в Република България (ЗРАСРБ), Правилника за прилагане на ЗРАСРБ, Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и за заемане на академични длъжности в БАН и съответния такъв правилник на ИМИ – БАН. Авторът, Йонко Стойнев, е показал, че притежава задълбочени познания по тематиката на дисертацията, може да работи самостоятелно и до провежда качествени научни изследвания.

**Имайки предвид гореизложеното, убедено препоръчвам на уважаемото Жури да присъди на Йонко Динев Стойнев научната и образователна степен “Доктор” в област на висше образование 4. Природни науки, математика и информатика, професионално направление 4.5 Математика, научна специалност 01.01.13 “Математическо моделиране и приложения на математиката”.**

07.10.2011 г.

София

Рецензент:

/доц. д-р Красимир Георгиев/