

РЕЦЕНЗИЯ

На дисертационния труд, разработен от инж. Анита Костадинова Хандрулева

Научни ръководители:

проф. д-р. инж. Банко Петков Банков

проф. д.т.н. инж Константин Савков Казаков

За получаване на образователната и научна степен „Доктор” по научната специалност 01.02.03 „Строителна механика, съпротивление на материалите”

Тема на дисертацията: „Линейни и нелинейни изчислителни модели на пространствени прътови конструкции”

От доц. д-р инж. Иван Димитров Марков

катедра „Строителна механика”, УАСГ

1. Кратки биографични данни

инж. Анита Хандрулева е родена на 12.05.1985г.

1.1. Образование

2009 – ОКС „Магистър”. Специалност „Строителство на сгради и съоръжения”, ВСУ „Любен Каравелов” – София

2007 – ОКС „Бакалавър”. Специалност „Строителство на сгради и съоръжения”, ВСУ „Любен Каравелов” – София

1.2. Професионална кариера

2008-2008 – хоноруван асистент към катедра „Механика”, ВСУ „Любен Каравелов” – София

2010-2012 – младши проектант, „ИРКОН” ООД

1.3. Компютърни умения: Владее операционната система Windows, програмата MS – Office, приложните програмни продукти SAP 2000, ANSYS, MatLab.

1.4. Чужди езици – английски, немски.

1.5. Провеждани упражнения – Строителна механика, Теория на еластичността, устойчивост и динамика на строителните конструкции, Метод на крайните елементи в строителната механика.

2. Актуалност на темата

Дисертацията се състои от пет глави, които са представени с 304 страници, 217 фигури, 112 таблици и 100 формули. Допълнително е дадено приложение от 283 страници. В представената дисертация са изследвани пространствени прътови куполни системи и структурни конструкции. Те се използват за покриви на обществени, културни и спортни зали с големи диаметри на основата.

Структурните конструкции (пространствените ферми) заемат важно място в съвременното строителство. Те имат доста сложно напрегнато и деформирано състояние, което изисква по-точни методи за изследване. За основен метод в представеното изследване е избран Методът на крайните елементи (МКЕ). Освен че МКЕ е най-популярният числен метод, той е и изключително мощен и ефективен метод за решаване на широк кръг научни и практически задачи. В този смисъл актуалността на темата и представените изследвания не подлежи на съмнение.

3. Анализ на научните постижения и оценка на приносите

3.1. В глава 1 е направен литературен обзор на изследванията в областта на структурните конструкции. Направен е задълбочен исторически преглед на развитието на пространствени решетъчни куполни покрития. Специално ще отбележа, че направеният преглед е много подробен и добре илюстриран с много снимки, дадени в приложението. Много добре са изтъкнати предимствата и недостатъците на структурните конструкции. Задълбочено са описани различните видове конструкции и техните особености. В параграф 1.2.4. е описано приблизително изчисляване на структурни конструкции чрез моделирането им като плътни ортотропни плочи. Особено внимание е отделено на изчислителните модели. Правилно е подчертано, че използването на дискретни модели дава по-точни резултати, които са по-близки до получените от експеримента, особено за моделите, в които прътите са

еластично запънати във възлите на конструкцията. Подробно са описани методите за изследване на устойчивостта на конструкциите, в частност на решетъчни куполи. В края на тази глава са формулирани основните задачи, които трябва да бъдат решени в дисертацията. Тук ще отбележа, че поставените цели надхвърлят изискванията за докторска дисертация.

По тази глава ще направя следните бележки:

- На доста места се срещат граматични грешки, като най-съществената е неправилното използване на пълен член. Тези грешки се срещат и в другите глави на дисертацията;
- На стр. 36 „метода на силите” трябва да се замени с „метод на силите”;
- В глава 1 има смесване на означенията. Например, глобалният вектор на преместванията е означен със $\{Z\}$ и с $\{d\}$. Независимо, че в литературните източници означенията са различни, то в дисертацията трябва да бъдат уеднаквени;
- На стр. 49 „става неустойчивост” трябва да се замени със „става неустойчив”;
- Терминът „продънване на даден възел” е некоректен;
- Заглавието на I.3.9. трябва да се коригира;
- Началните несъвършенства не водят до „намаляване на якостта на системата”, защото якост е свойство на материалите, а не на конструкциите. Тук ще отбележа, че и в следващите глави терминът „якост” е използван неправилно.

Направеният литературен обзор и анализ на постиженията на цитираните автори показва, че инж. Хандрулева е натрупала задълбочени познания и много добри умения в моделирането и изчисляването на строителни конструкции. Същевременно тя показва много добро познаване на МКЕ. На основата на задълбочения литературен обзор инж. Хандрулева правилно формулира целите и задачите на дисертацията. Тази глава има познавателен и образователен характер.

3.2. В глава 2 е изследвано напрегнатото и деформирано състояние на еднослойни сферични куполи при статично натоварване, като е използван дискретен модел. Разгледани са седемдесет изчислителни модела на куполи, които се различават по вида на граничните условия, структурната решетка и височината им. В първия тип модели куполите са подпрени върху радиално подвижни опори, а при втория тип куполите са подпрени на неподвижни опори. И за двата типа модели са разгледани пет вида структурни решетки. Решетката е изградена от тръбни профили, а изследването е проведено при постоянни геометрични характеристики на напречните сечения на прътите. Изчисленията са проведени по МКЕ, като е използвана програмната система SAP 2000. Проведено е параметрично изследване при постоянен радиус на основата на

куполите и променяща се височина. Резултатите са дадени за подходящо подобрени представителни елементи от куполите. Направени са сравнения на изменението на нормалните усилия в прътите от решетката, местоположението на неутралната линия, която разделя натискови и опънни усилия в пръстените на куполите, и вертикалното преместване на характерни възли. Получените резултати са анализирани задълбочено и правилно. На основата на проведенния сравнителен анализ е формулирана следната задача: *„При фиксиран радиус на основата на купола и при условно възлово натоварване да се потърси оптималният централен полуъгъл α , при който обемът (теглото) на материала, вложен в купола, ще е минимален.”* Минимизацията на теглото на сферичните куполи се извършва за плочно натоварване, което се привежда към съсредоточени възлови сили. Прътите са кораво свързани във възлите на конструкцията, а подпирането върху основния пръстен е неподвижно. По-добре е прътите да бъдат моделирани като ставно свързани с възлите на конструкцията, което ще осигури работата им на центричен натиск, при който коефициентът на изкълчване ϕ не зависи от нормалните усилия и огъващите моменти в прътите. Въведено е понятието *„линейна напрегнатост”*, което по същество е целевата функция на оптимизационната задача. Оптимизационната задача е решена приблизително чрез изчисляване на различни варианти на купола. Тези варианти са приети в зависимост от изменението на централния полуъгъл на купола. Правилно са анализирани резултатите за изследваните типове куполи. В този раздел е изследвано напрегнатото и деформирано състояние на дискретни сферични куполи, подложени на несиметрично вертикално натоварване. В параграф II.3. са разгледани четиридесет модела на дискретни куполи, моделирани с рамкови крайни елементи. Изчислителните модели се различават по вида на структурната решетка. Направено е и сравнение с гладки непрекъснати куполи, като за целта са изградени три допълнителни модела с използване на черупкови крайни елементи. Прието е, че преместването на приложната точка на силата е еднакво при непрекъснатите и дискретните модели. Вертикалното натоварване е концентрирана сила, която се прилага в различни възли по радиалните ферми. Като основен параметър за сравнение на изчислителните модели са избрани опорните реакции. В параграф II.4. е представено изследване на напрегнатото и деформирано състояние на 23 дискретни сферични куполи с неподвижни опори, подложени на несиметрично вертикално натоварване. Диаметрите и височините на всички моделирани куполи са еднакви.

Към тази глава имам следната забележка:

- На стр. 109, текстът *„елементите изследваните куполи”* трябва да бъде *„елементите на изследваните куполи”*

Изследванията в тази глава имат научен и научно приложен характер.

3.3. Глава 3 е посветена на повърхнини на влияние в дискретни сферични куполи. Изследвани са пет модела на еднослойни сферични куполи.

Към тази глава имам следните забележки:

- Трябва по-подробно да се изясни практическата необходимост от изчисляването на повърхнините на влияния. Те служат за определяне на най-неблагоприятното разположение на товарите върху конструкцията. Затова е необходимо да се уточни за какви видове товари могат да се използват, защото практически куполите в експлоатационно състояние са натоварени с постоянно по конфигурация натоварване. В този смисъл, макар и правилен, анализът за най-неблагоприятни натоварвания (например „максимално натисково усилие се получава при натоварване на зоната между първия и третия паралелен пръстен в цялата предна половина на купола и малка част от задната половина“) няма голямо практическо приложение;
- На стр. 127, текстът „*върху състоянието на прътите*“ трябва да бъде „*върху напрегнатото състояние на прътите*“;
- Последната от поставените задачи на стр. 127 се нуждае от прецизиране;
- Приетите оценъчно-количествени показатели и коефициенти на участие трябва да бъдат по-подробно обосновани;
- Терминът „*кореспондиращ*“ навсякъде трябва да се замени с българската дума „*съответстващ*“.

Изследванията в тази глава имат научен и научно приложен характер.

3.4. В глава 4 се изследва устойчивостта на еднослойни куполи. Установени са прътите на конструкцията, които са най-уязвими от загуба на устойчивост. Установяването на застрашените от претоварване пръти вследствие на изключване от работа на загубили устойчивост пръти има голямо практическо приложение.

Към тази глава имам следните забележки:

- Текстът „*отделен елемент става неустойчиво*“ на стр. 154 трябва да бъде „*отделен елемент става неустойчив*“;
- Терминът „*един възел е най-натоварен*“ на стр. 154 е некоректен или се нуждае от уточняване;
- Представените локално разпределени товари, от които се изследват куполите, трябва да бъдат практически изяснени. По мое мнение тези натоварвания са практически невъзможни;
- Неправилно на стр. 161 зависимостта $F - \Delta$ е наречена конститутивна;
- Твърдението на стр. 161 „*общото поведение на системата имитира идеално еласто-пластично поведение*“ е неправилно. Ще подчертая, че еластопластичното поведение при изследване на устойчивостта на куполите и на техните отделни пръти се нуждае от сериозно изясняване;
- Във формули (IV.2) и (IV.3) пред интегралите трябва да има множител $\frac{1}{2}$;

- Неясно е понятието „*натоварването е приложено несиметрично в отношение 3:1 спрямо една от осите*” на стр. 175;
- На последния ред на стр. 204 думата „*структурата*” трябва да бъде „*конструкцията*”;

Изследванията в тази глава имат научен и научно приложен характер.

3.5. В глава 5 е представен анализ на еднослойни дискретни сферични куполи и структурни конструкции, подложени на сеизмично въздействие. Разгледани са седемдесет модела на куполи. Изчислителните модели се различават по вида на граничните опорни условия, структурната решетка и височината. Използван е модален анализ в съчетание със спектралния метод. Сравнени са три метода за комбиниране на усилията, получени за собствените форми на трептене.

Към тази глава имам следните забележки:

- Твърдението, че в тази глава е анализирано динамичното реагиране на разглежданите в дисертацията конструкции не е точно, защото предимно са анализирани собствените форми на трептене;
- Приетите 100% спектър на реагиране за вертикално сеизмично въздействие са преувеличени;
- На стр. 216 текстът „*удовлетворен коефициентът на ефективна модална маса*” трябва да бъде „*удовлетворени изискванията за коефициента на ефективна модална маса*”;
- Не приемам термина „*управление на динамичното реагиране*”, защото това е съвсем различна механична и математическа задача;
- На стр. 222 „*показните резултатите*” трябва да бъде „*показаните резултати*”;
- На стр. 222 твърдението „*е важно още на етап модален анализ да се оценят получените форми на трептене и нежеланите такива да се оптимизират или изместят*” е или невъзможно за реализация, или е неправилно без съответната обосновка;
- На стр. 229 твърдението, че видът на собствените форми на трептене е показател за съпоставка на изчислителните модели е необосновано;
- Твърдението, че някой метод на комбиниране по собствени форми дава резултати в полза на сигурността, е неправилно. Това се доказва чрез сравняване на резултати, получени чрез комбиниране, и резултати, получени чрез стъпкови методи от реални или моделни акселерограми;
- Не е изяснено понятието деформативна структурна решетка;

На основата на проведените изчисления на достатъчен брой модели авторката е направила задълбочени и правилни изводи за динамичното

поведение на изследваните конструкции. Анализирани са периодите на собствените трептения и съответстващите им собствени форми.

Изследванията в тази глава имат научен и научно приложен характер.

По темата на дисертацията инж. Хандрулева има четири публикации в съавторство с научните си ръководители. Тези статии отразяват основните научни и научно приложни резултати, получени в дисертационния труд. Няма данни приложените публикации да са цитирани от други автори.

Частично съм запознат с целия процес на разработването на дисертацията. От това и от разговорите ми с научните ръководители на докторанта мога убедено да твърдя, че дисертационният труд и приносите в него са лично дело на инж. Хандрулева.

4. Критични бележки

Критичните бележки, които се отнасят за отделните глави, са дадени при техния анализ.

5. Оценка на автореферата

Авторефератът е изготвен съгласно изискванията и в достатъчна степен отразява основните резултати, получени в дисертацията.

Общо заключение

Приемам заявените приноси в дисертацията и ги оценявам като научни и научно приложни. Повечето от направените забележки имат редакционен характер и тяхното вземане под внимание определено би подобрило качествата на предложения дисертационен труд. Те не се отразяват на качеството на резултатите, получени в дисертацията. Целта на дисертацията, формулирана в гл. 1, е успешно изпълнена. Литературният обзор и получените резултати показват задълбочени познания на автора в редица области на строителната механика и числените методи. Също така тя показва, че владее съвременни програмни системи. Специално ще отбележа, че представеното приложение към дисертацията съдържа много ценна информация за реализирани структурни конструкции.

На основата на представените по-горе подробни оценки на дисертацията ***правя следното заключение:***

Предложеният дисертационен труд отговаря на изискванията за присъждане на образователната и научна степен „доктор” и убедено давам положителна оценка на работата на инж. Аниета Костадинова Хандрулева за получаване на образователната и научна степен „доктор” по научната специалност 01.02.03 „Строителна механика, съпротивление на материалите”.

27.01.2014г.

гр. София

Изготвил: .....

(доц. д-р инж. Иван Марков)