

СТАНОВИЩЕ

от проф. д-р инж. Рангел Петров Рангелов
бул. „Гоце Делчев“ бл.37, вх.А, ет. V, ап.13

за инж. Анита Костадинова Хандрулева
за получаване на образователна и научна степен „доктор“

тема на дисертационния труд:

ЛИНЕЙНИ И НЕЛИНЕЙНИ ИЗЧИСЛИТЕЛНИ МОДЕЛИ НА ПРОСТРАНСТВЕНИ ПРЪТОВИ КОНСТРУКЦИИ

Научни ръководители:

Проф. д-р инж. Банко Петков Банков
Проф. д.т.н. инж. Константин Савков Казаков

Ас. инж. Анита Костадинова Хандрулева е родена на 12.05.1985 г. в гр.Бургас, обл. Бургас. От 1999 г. до 2003 година Хандрулева учи в професионалната гимназия по строителство, архитектура и геодезия „Колю Фичето“ – гр. Бургас. С отличната диплома, която получава след завършване на училището придобива квалификация: „Строителен техник“.

От 2003 г. до 2007 година Анита Хандрулева следва във ВСУ „Любен Каравелов“ – гр. София. След завършването му придобива квалификация „бакалавър“ специалност: „Строителство на сгради и съоръжения“, професионална квалификация: строителен инженер.

От 2007 г. до 2009 година инж. Анита Хандрулева учи във Висшето строително училище „Любен Каравелов“ – гр. София като придобива квалификация „магистър“, специалност: „Строителство на сгради и съоръжения“, специализация: „Строителни конструкции“, професионална квалификация: строителен инженер – конструктор.

Успехът на Анита Хандрулева в целия период на следването ѝ е **пълнен отличен**.

От април 2008 г. до ноември 2008 година инж. Анита Хандрулева е назначена на длъжност: Хоноруван асистент към катедра „Механика“ при Висшето строително училище „Любен Каравелов“ – гр. София. Като хоноруван асистент води упражнения по дисциплините: „Теория на еластичността, устойчивост и динамика на строителните конструкции“ на студентите от специалност ССС, ОКС- „бакалавър“.

От ноември 2008 година до настоящия момент инж. Хандрулева заема длъжността редовен асистент към катедра „Механика“ на Висшето строително училище „Любен Каравелов“ – гр. София. Води упражнения по дисциплините: „Строителна механика“ I част, специалност ССС, ОКС: „професионален бакалавър“; „Строителна механика“ I част, специалност Архитектура, ОКС: „магистър“; „Строителна механика“ II част, специалност Архитектура, ОКС: „магистър“; „Строителна механика“ I част, специалност САСС, ОКС: „бакалавър“; „Строителна механика“ II част, специалност САСС, ОКС- „бакалавър“; „Теория на еластичността,

устойчивост и динамика на строителните конструкции”, специалност САСС, ОКС: „бакалавър”; „Метод на крайните елементи в строителната механика”, ОКС: „магистър”, специализация: „Строителни конструкции”; „Компютърен анализ на конструкции с програмни системи” - ВСУ „Любен Каравелов”.

Рецензент е на 10 дипломни работи за придобиване на образователна степен бакалавър или магистър.

От **март 2010 до 2012 г.** инж. Анита Хандрулева е **младши проектант** в ИРКОН ООД, с основна дейност - проектиране.

Научни интереси на кандидата :

1. Метод на крайните елементи;
2. Числени методи в строителната механика;
3. Динамика и устойчивост на строителните конструкции;
4. Теория на еластичността.

Членство в национални организации:

1. Камара на инженерите в инвестиционното проектиране - с пълна проектантска правоспособност.

Членство в университетски структури:

1. Факултетен съвет на строителен факултет на ВСУ „Любен Каравелов”;
2. Контролен съвет на ВСУ „Любен Каравелов”.

Членство в научни и професионални съюзи:

1. IASS, International Association of sparse shell structures – since 2008;
2. IABSE, International Association for Bridge and Structural Engineering - 2008.

Ръководство на дипломанти

Ръководство на 38 дипломни работи по образователна степен „магистър” и „бакалавър” по специалностите: Строителство на сгради и съоръжения (ССС) и Строителство и архитектура на сгради и съоръжения (САСС).

Участие в научни проекти

1. Ръководител на проект по НИЗ: „Моделиране и анализ на куполни конструкции и многослойни структури”.
2. Ръководител на проект по НИЗ: „Пространствени прътови конструкции”.

Учебници

1. Ръководство за упражнения по Теория на еластичността, Устойчивост и Динамика на строителните конструкции, първо издание, 180 стр., издателство на ВСУ, София, 2011;

“Practical examples on Theory of Elasticity and Dynamics of Structures”, pp 180, VSU publishing house, Sofia, co-author, 2011.

2. Моделиране на строителни конструкции с програмен продукт SAP2000, първо издание, 390 стр., издателство на КИИП София (2013), издателство на ВСУ-София (2012);

“Structural modeling using SAP 2000”, first edition, pp 339, KIIP Sofia publishing House, VSU publishing house, Sofia, co- author, (2013).

Цитирания на научни трудове

1. В научни трудове и монографии - 5 бр.
2. В дипломни работи за придобиване на образователна степен магистър и бакалавър - 50 бр.

Награди и сертификати

През септември на 2013 година ас. инж. Анита Костадинова Хандрулева е наградена със званието „най-добър механик” за 2013 година за нейните разработки и постижения в областта на строителната механика. Наградата е дадена от Института по механика на БАН с учредител акад. д-н Ячко Иванов; Сертификат за участие в 7-ма

интернационална конференция по компютърна механика за специални конструкции – 2012 г. град Сараево.

Публикации

В материалите по конкурса ас. инж. Анита Хандрулева е представила 33 заглавия на научни публикации.

Дадени са и четири заглавия на научни публикации, които *са свързани с темата на дисертацията*. Тези заглавия са:

1. Handruleva A., Kazakov K., “On the influence of the Structural Grid Cofiguration over the Stresses in the Base ring of Spherical Domes”, 10 th international Scientific Conference VSU, 2010;

2. Хандрулева А., Матуски Вл., Казаков К., Банков Б., „Анализ на еднослойни дискретни сферични куполи, подложени на сеизмично въздействие. Управление на динамичното реагиране”, Международна научна конференция „Проектиране и строителство на сгради и съоръжения”, DCB2012;

3. Хандрулева А., Матуски Вл., Казаков К., Банков Б., „Определяне на критични товарни зони в дискретни сферични куполи с използване на повърхнини на влияние”, Научна конференция „Техника и строителни технологии в транспорта”, 2012;

4. Handruleva A., Matuski Vl. , “Loss of Stability and Mechanisms of Destruction for Spatial Structures. Behavior Management by Finding new Forms of Equilibrium”, Scientific Conference, design, Construction and Building Renewal, INDIS,2012.

Дисертационен труд

Темата на дисертационния труд на инж. Анита Хандрулева *„Линейни и нелинейни изчислителни модели на пространствени прътови конструкции”* е много актуална независимо от факта, че тези конструкции са представлявали интерес, както в теоретично така и в практическо отношение още в началото на деветнадесети век. Откритията, които се направиха в близкото минало, свързани с развитието на електронната изчислителна техника, а също така и съпътстващите ги нови методи в строителната механика дават възможност за възраждане и развитие на много „стари” идеи, които с нова сила правят актуални много конструктивни решения и дават възможност за тяхното развитие при новите условия. В помощ на инженерите конструктори се явяват програмните продукти, изградени на базата на крайните елементи, които са едно мощно средство и предоставят възможност да се получат решения за определяне на напрегнатото и деформирано състояние на сложни конструкции, а също така изследването им на местна и обща устойчивост, и на динамични въздействия. Такива са и идеите, свързани с пространствените прътови конструкции, които са обект на изследване в дисертационния труд на кандидата.

Дисертационният труд е развит в пет глави. Формулирани са основните цели и задачи на дисертационния труд. Дадени са и насоки за бъдещи изследвания.

В първа глава е направен подробен исторически преглед на развитие на пространствените прътови конструкции. Направен е много подробен и компетентен анализ на състоянието на проблема.

Във втора глава е изследвано напрегнатото и деформирано състояние на еднослойни дискретни сферични куполи при статично натоварване. Изследвани са седемдесет модела на куполи. Изследването на дискретните сферични куполи е проведено чрез програмен продукт, базиран на Метода на крайните елементи. За изграждане на изчислителните модели са използвани едномерни крайни елементи тип *frame*. Програмният продукт е SAP2000.

В главата е въведен нов параметър, наречен *„линейна напрегнатост”*. Чрез него се оптимизират теглата на сферични прътови куполи с различни типове решетка при

еднакъв основен диаметър. Чрез този параметър не е необходимо да се извършва оразмеряване на прътите от куполната решетка. При многократни решения се търси минималната стойност на този параметър.

В тази глава е изследвано напрегнатото и деформирано състояние на дискретни сферични куполи, които са подложени на несиметрично вертикално натоварване. За тази цел са разгледани още четиридесет модела на дискретни куполи. При решенията са използвани отново едномерни крайни елементи тип *frame*. При това решение е направена и съпоставка с гладки непрекъснати куполи, като за целта са генерирани *shell* крайни елементи с различна размерност на дискретизационната мрежа. Вертикалното натоварване е концентрирана сила, която се прилага в различни възли от радиалните ферми.

Въвеждането на новия параметър „линейна напрегнатост” е оригинално, много сполучливо и има научно-приложно значение.

В трета глава са построени *повърхнини на влияние*. Повърхнината на влияние в тези случаи представлява тримерна графика. Тя отразява изменението на дадено усилие, като функция от положението на подвижна съсредоточена единична сила с постоянно направление, която обхожда „пътна” повърхнина от купола. Тази стара идея при този тип сложни прътови конструкции е възможна благодарение на компютърните програми. Въпреки това авторът е проявил голяма находчивост и умение при използването на програмния продукт. Сполучливо е избрана подходяща форма за изобразяване на получените от решението стойности за усилието за което се построява повърхнината на влияние. Търсените повърхнини на влияние са реализирани при известните, като идея, методологии- статичен и кинематичен начин. С построяването на повърхнините на влияние се създава възможност:

- да се очертаят зоните за получаване на екстремни стойности за усилията в прътите от купола;
- да се определят зоните, в които натоварването не влияе съществено върху дадено прътово усилие;
- да се използват повърхнините на влияние за изследване на куполите в стадии на гранично равновесие.

В работата са дефинирани нови показатели – *абсолютна натискова плътност и абсолютна опънна плътност*. Въз основа на тези показатели са дефинирани два нови показателя, наречени: *коефициент на натискова активизация и коефициент на опънна активизация*. С тяхна помощ лесно се определят процентите, които показват каква част от натоварената куполна площ влияе върху знака на усилието в даден елемент.

Създадената методика за построяване на повърхнини на влияние при тези сложни пространствени конструкции и използването им за определяне на оценъчно-количествени показатели и коефициенти на участие е с важно научно и научно-приложно значение.

В четвърта глава са изследвани условията при които дискретни еднослойни сферични куполи се намират в гранично състояние. Изследването за гранично състояние на решетката на такива куполи налага да се отчетат определени особености в деформираното и напрегнато състояние на куполите:

- механизмите на разрушение се получават при изключване от работа на най-напрегнатите натискови пръти;
- изследването се провежда в условията на геометрична нелинейност, която се отчита с Р-Δ ефекта. Условията за равновесие се записват спрямо деформираното положение на структурата.

Численото решение е проведено от докторанта с програмен продукт базиран на Метода на крайните елементи. Разгледани са различни случаи на локални, симетрични

и несиметрични натоварвания. За определяне на критичната стойност на параметъра на натоварване е използвано стъпково нарастване на товара с последователни приближения, до намиране на граничното равновесно състояние на системата.

В четвърта глава е изследвано и поведението на структурни конструкции в гранично състояние. Избрани са четири изчислителни модела. Приета е ортогонална структурна решетка по горната и долната поясни повърхнини. Моделите се различават по начина на подпиране. Числените решения са проведени с програмен продукт, който е реализиран на базата на Метода на крайните елементи. Разгледани са различни случаи на локални, симетрични и несиметрични натоварвания. Тези натоварвания са съобразени с построени повърхнини на влияние. Използвано е стъпково натоварване за определяне на критичната стойност на параметъра на натоварване. При достигане на гранична носимоспособност на *натиск* на даден елемент се приема, че той излиза от работа и при следващия изчислителен етап приносът му не се отчита. Изследването е направено в условията на геометрична нелинейност. Равновесните условия се записват спрямо деформираното положение на структурата. Направен е анализ на получените резултати. Поради отчитане на геометричната нелинейност общото поведение на системата имитира работа на еласто - пластичен материал.

Създадената методика за изследване на прътовите куполи и структурните плочи на устойчивост в гранично състояние при използване на подход за изключване на пръти, които са изчерпили носещата си способност на натиск и опън представлява научен принос в строителната механика.

В пета глава е изследвано динамичното реагиране на еднослойни дискретни сферични куполи. Разгледани са седемдесет модела на куполи. Моделите се различават по вида на граничните опорни условия, структурата на решетката и височината на купола, във функция на централния полуъгъл и радиус на сферичната повърхност. Изследването на дискретните сферични куполи е проведено чрез програмен продукт, който е разработен на базата на Метода на крайните елементи. При решението са използвани едномерни крайни елементи тип *frame*. Натоварването е статично и динамично. Сеизмичното въздействие е зададено с три независими една от друга компоненти - две хоризонтални и една вертикална. Приет е 100% спектър на реагиране. Динамичното изследване е проведено на два етапа: модален и спектрален анализи. След модалния анализ е проведен спектрален.

В глава пета е изследвано и динамичното реагиране на куполни конструкции върху шестоъгълна основа с триъгълна морфология на структурната решетка. За конкретни примери са дадени формите на трептене. Резултатите са илюстрирани аналитично (таблично) и графично.

В пета глава е направен анализ и на двуслойните структурни конструкции, които са подложени на сеизмично въздействие. Разгледани са четири модела. Приета е ортогонална структурна решетка по горната и долна поясни повърхнини. Изчислителните модели се различават по начина на подпиране. Динамичното изследване на избраните изчислителни модели е проведено на два етапа- модален и спектрален (анализ). Резултатите от проведеното изследване са дадени таблично. За изчислителните модели са показани първите три форми на трептене. От направения анализ се отбелязва, че първите две собствени форми са транслационни. Третата форма е усуквателна. Четвъртата форма е свързана с вертикално трептене. Следващите форми имат огъвно- усуквателен характер с изразено вертикално трептене.

В пета глава са съпоставени различни методи на комбиниране на ефектите от сеизмично въздействие. Тези методи са свързани с възможностите, които ни предоставя Еврокод 8. Основно са съпоставени резултати за прътови усилия, получени посредством правилото SRSS и чрез метода, използващ правилото на 30-те процента.

Използван е и метода CQC. Чрез него се получават резултати в посока на сигурността.

Създадената методика за отчитане влиянието на конструктивните параметри на прътови куполи и структурни плочи върху динамичното им поведение при сеизмично въздействие има научно и научно-приложно значение.

Накрая на всяка глава в специална точка „*заключение и изводи*“ авторът прави задълбочен анализ на получените в главата резултати. Тези резултати показват статическата и физическа работа на изследваната конструкция. По тези резултати може да се съди за достоверността на получените физически усилия и премествания и на методите, които са използвани за тяхното получаване.

Изследването е направено пълно и коректно. Решаваните конструкции са много сложни за статическо и динамическо изследване. Освен това те са и важни за строителната практика от теоретична и практическа гледна точка. Авторът е постигнал успехи при избора на съвременни изчислителни средства. Освен това той е показал и много добро познаване и владение на възможностите на електронно-изчислителната техника, а също така и много добро познаване и умело използване на новите програмни продукти, с които тази техника става особено ефективна при решаване и анализ на сложни съвременни конструкции, каквито са пространствените прътови конструкции.

Напълно споделям претенциите на докторанта за получените в дисертационния труд научни и научно-приложни приноси. Те са изложени, от докторанта, в пет точки.

Дисертационният труд, заедно с Приложението представляват изключително компетентно и задълбочено изследване в областта на прътовите куполи и структурни плочи. Препоръчвам неговото публикуване, като в частта на историческия преглед се представят и още някои сгради и системи, построени в България и в чужбина, проектирани и построени от български инженери.

Познавам **ас. инж. Анита Костадинова Хандрулева** от много години. Особено добре съм запознат с нейната преподавателска и научно-изследователска дейност в съвместната ни работа при обучението на студентите от архитектурния факултет по предмета Строителна механика. Участвал съм в научни форуми, съвещания и в разговори, в които съм имал възможност да се запозная и оценя нейните виждания и опит по различни въпроси, главно по проблеми на Строителната механика, които **особено високо ценя**.

Като имам предвид качествата на **инж. Анита Костадинова Хандрулева** като научен работник и преподавател и качествата на нейната докторска дисертация и получените в нея на високо равнище **научни и научно-приложни резултати**, си позволявам да препоръчам на **членовете на научното жури** единодушно да гласуват за даване на **инж. Анита Костадинова Хандрулева** образователната и научна степен „**доктор**“ по професионално направление 5.7. Архитектура, строителство и геодезия, по научна специалност 01.02.03 Строителна механика, съпротивление на материалите (Строителна механика) за нуждите на катедра Механика и математика към ВСУ „Любен Каравелов“.

София

Съставил:.....

28.01. 2014 г.

(проф. д-р инж. Рангел Петров Рангелов)