

## РЕЦЕНЗИЯ

от доц. д-р инж. Тинко Б. Бобев

на дисертационния труд на тема

**„Изследвания върху напрегнатото и деформирано състояние на високи стоманобетонни комини”,**

представен за защита пред научно жури

от ст.ас.инж. **Иван Желев Павлов** за получаване на образователна и научна степен

**„доктор”** по научна специалност **02.15.04 „Строителни конструкции”**

### 1. Общи данни за докторанта и дисертационния труд

Инж. Иван Желев Павлов е завършил висшето си инженерно образование във ВСУ “Черноризец Храбър”, Варна. През 2000 г. се дипломира като строителен инженер “бакалавър” по специалността “Строителство на сгради и съоръжения”, а през 2006 г. след специализация в продължение на 4 семестъра по “Строителни конструкции” придобива и образователно-квалификационната степен “магистър” по същата специалност. През 2002 г. е избран за асистент в кат.“Строителство на сгради и съоръжения” към ВСУ, където работи и в момента като старши асистент. През 2007 г. е зачислен като докторант на самостоятелна подготовка към кат.“Строителство на сгради и съоръжения” по научната специалност 02.15.04 “Строителни конструкции”, с научен ръководител проф. д-р инж. Никола Игнатиев. По време на подготовката си като докторант инж. Иван Павлов е положил изпити с оценка “Отличен“ (6) по английски език, “Компютърна грамотност”, “Изследване на стоманобетонни комини при температурни въздействия” и “Приложение на МКЕ при еластично и нееластично поведение на конструкциите”. Със заповед на Ректора на ВСУ от 09.06.2010 г. инж. Иван Павлов е отчислен с право на защита.

Работейки като асистент, инж. Иван Павлов е ръководил занятия на студентите по почти всички дисциплини, преподавани в кат.“Строителство на сгради и съоръжения”. Освен това е участвал в три Международни научни конференции, изнесъл е 6 научни доклада и е участвал в разработването на Националното приложение към БДС EN 1998-3A:2005 “Оценка и укрепване на сгради” (2009 г.), както и в разработването на Практическо ръководство по прилагането на Еврокод 8-1 (2010/2011 г.). Бил е дипломен ръководител на много студенти от специалността ”Строителство на сгради и съоръжения”.

Дисертационният труд на инж.Иван Павлов съдържа 146 стр., които включват четири основни глави, едно приложение, списък на използваната литература, съдържащ 145 заглавия, списък на научните публикации и справка за научните и научноприложни приноси и съдържание. В четирите глави са включени следните теми:

- Глава 1. Литературен обзор
- Глава 2. Собствени форми на трептене при еластичното поведение на стоманобетонните комини
- Глава 3. Собствени форми на трептене с отчитане нееластичното поведение на стоманобетонните комини

- Глава 4. Напрегнато и деформирано състояние на вертикалните сечения на комина от температурни въздействия

Текстовата част в тези глави, особено в последните три от тях, е придружена от множество математически формулировки, изводи и графики, илюстриращи получените резултати и влиянието на различни фактори. Кратък анализ на изложеното във всяка глава е даден в следващите части на рецензията.

## **2. Актуалност на тематиката**

Високите стоманобетонни комини са важен елемент в структурата на почти всички големи индустриални обекти в сферата на енергетиката, металургията и химическата промишленост. Те се отличават от останалите типове стоманобетонни конструкции с някои специфични особености, които дават съществено отражение върху статико-динамично им изследване и оразмеряване. Тук може да се отбележи голямата стройност, значителните земетръсни и ветрови товари, температурните въздействия, деформациите на земната основа, дълготрайните деформации на бетона и др.

Методите за изчисляване и оразмеряване на високите стоманобетонни комини имат дългогодишна история. Тяхното развитие е пряк резултат от постиженията в областта на Строителната механика, Теорията на стоманобетона, Приложната математика, Изчислителната техника и други свързани с тях научни области. Съвременният специализиран софтуер притежава значителни възможности за моделиране на геометрията, физическите характеристики и въздействията върху комините, но за съжаление все още не могат да се обхванат достатъчно адекватно всички фактори, обуславящи нелинейното статико-динамично реагиране на комините. Това се отнася преди всичко за физическата нелинейност, дължаща се на нееластичността на стоманобетона и нейното отражение върху динамичните характеристики на комините. Ето защо, имайки предвид казаното по-горе, считам че изследвания от рода на тези, които са изложени в рецензираната работа са необходими и, че *темата на рецензираната работа е актуална и дисертационна*

## **3. Кратък анализ на отделните части на дисертацията**

### **Глава 1 – Литературен обзор.**

В тази глава са представени основните резултати от проучването на техническата литература, касаеща поведението и проектирането на високи стоманобетонни комини. Обзорът обхваща множество монографии, статии в специализирани издания и норми за проектиране, като специално внимание е отделено на тези части от Еврокодовете, които третираят проектирането на комини. Достатъчно изчерпателно са изложени фактите, отнасящи се до използваните материали, различните конструктивни схеми, задаването на основните геометрични параметри като се изхожда, както от конструктивните, така и от функционалните изисквания. Значително внимание е отделено на въздействията върху комините – сеизмични, ветрови и температурни. Засегнати са и въпросите за влиянието на някои допълнителни, но съществени фактори – нормалните сили, предизвикани от вертикалните товари и податливостта на фундамента. Като цяло, предварителните

проучвания на докторанта са достатъчно широкообхватни и задълбочени. В края на глава 1, въз основа на изводите от предварителните проучвания са формулирани основните задачи, които докторантът си поставя при разработване на дисертацията.

### ***Забележки към глава 1***

1. Считаю, че в раздела за методите за динамичен анализ би трябвало да се отдели повече внимание на метода на крайните елементи (МКЕ) и на конкретните му реализации в някои компютърни програми, които докторантът познава много добре. Един обективен критичен анализ на техните възможности би направил обзора по-пълнен и би показал, че е целесъобразно да се търсят алтернативни решения като това, което е изложено в дисертацията.

2. Някои констатации и формулировки, които по същество са правилни, се нуждаят от известно езиково прецизиране.

### ***Глава 2 – Собствени форми на трептене при еластично поведение на стоманобетонните комини.***

Тази глава заема централно място в рецензираната работа. Тук са разработени и изследвани основните елементи на предложената от докторанта изчислителна процедура, която след това, в глава 3, е приложена при значително по-сложната задача – изследване на комините при нееластично поведение на стоманобетона.

Изходно начало за разработките в глава 2 представлява диференциалното уравнение за динамично равновесие на еластичен прът, записано в най-общата си форма – при променливи по височина на комина инерционен момент, разпределена маса, нормални сили и напречно натоварване. Посредством известния метод за разделяне на променливите това уравнение е приведено към система от две нови уравнения, едното от които съдържа само функции на геометричната координата  $x$ , а другото – функция на времето  $t$ . Така първоначалната задача се трансформира в нова, която от гледна точка на математиката се свежда до решаване на линейно хомогенно диференциално уравнение от IV ред с *променливи* коефициенти. Точно решение на тази задача в общия случай не съществува и затова са разработени различни приблизителни методи, всеки от които има своите предимства и недостатъци.

В конкретния случай инж. Иван Павлов е приложил *Диференциалния Трансформационен Метод* (ДТМ), при който търсената функция се развива в ред на Тейлор-Маклорен. Намирам този избор за удачен. Справката показва, че ДТМ е прилаган към различни инженерни и математически задачи, но не ми е известно да е използван при изследването на високи комини. Поради това считаю, че адаптирането на ДТМ към този конкретен проблем следва да бъде оценено като научноприложен принос на докторанта. Методът е подходящ за решаване на линейни диференциални уравнения с променливи коефициенти, като самите изчисления могат да бъдат извършвани чрез подходящи математически ориентирани програми с общо предназначение.

Значителна част от глава 2 е посветена на практическото прилагане на ДТМ. Тук докторантът е извършил обстойни изследвания в две основни насоки:

а) Изследвано е влиянието на редица конструктивни особености на комина върху неговото динамичното реагиране. По-конкретно, изследвано е влиянието на скосеността на диаметъра, скосеността на дебелината на стените, влиянието на нормалните сили при отчитане на ефектите от II ред и влиянието на ротационната податливост на фундамента.

б) Втората насока, в която са правени изследвания се отнася до намиране на оптимални характеристики на изчислителния модел, при които може да се постигне достатъчна за конкретната задача точност, без да се стига до прекалено усложняване на изчисленията. Докторантът е извършил голям брой числени експерименти, варирайки едновременно броят на членовете в развитието на неизвестната функция на напречните премествания и стойностите на параметрите, изброени в по-горната точка. Резултатите са систематизирани в множество таблици и графики.

Цялостното впечатление от изложеното в глава 2 е, че инж.Иван Павлов владее много добре математическия апарат на ДТМ и успешно го адаптира към една сложна задача на Строителната динамика.

### ***Забележки към глава 2***

1. В т.2.3.4 (стр.42) е допусната неточност от редакционно естество по отношение на броя на уравненията в системата, от която се определят собствените честоти и форми на трептене. Тази неточност обаче не е повлияла върху *фактическото* съставяне на споменатите уравнения и на резултатите от тях.

2. Текстът след формула (2.110), в който се коментира влиянието на стройността върху икономичността на комина и порядъка на усилията се нуждае от прецизиране.

3. Желателно е към изводите след табл.2.6 да се добави някакъв коментар, в който да се даде обяснение на направените констатации.

### ***Глава 3 - Собствени форми на трептене с отчитане на нееластичното поведение на стоманобетонните комини***

Тук описаното в предишната глава решение е включено в една по-обща изчислителна процедура, чрез която при статико-динамичното изследване на комина се вземат под внимание нееластичните му деформации и пукнатинообразуването. Основната идея на докторанта е това да стане чрез подходящо подбрана коректурна функция  $\varphi$ , с която се редуцират първоначалните коравини на комина. Изискванията към  $\varphi$  накратко са изложени в точка 3.1 на разглежданата глава, а в следващите раздели са дадени повече подробности относно формирането ѝ.

Основното предназначение на коректурната функция  $\varphi$  е да отрази физико-механичните промени, които са резултат от промените в напрегнатото и деформирано състояние на комина. Тъй като при трептенията на комина усилията във всяко негово хоризонтално сечение непрекъснато се променят по начин, който предварително не е известен, определянето на  $\varphi$  е една извънредно трудна задача. Това налага функцията да бъде уточнявана чрез последователни итерации, като същевременно се извършва и осредняване по отношение на времето, което прави решението приблизително. Не трябва

обаче да забравяме, че по принцип приблизителни са и всички известни към момента методи за нелинеен анализ. По-съществено е, че в предложената от докторанта методика съществуват известни възможности за повишаване на точността на резултатите. В определени граници това може да се постигне:

- a) Чрез увеличаване броя на итерациите
- b) Чрез уточняване на коректурната функция посредством определянето ѝ в повече хоризонтални сечения
- c) Чрез уточняване на начина, по който се прави осредняването по отношение на времето.

Първите два способа могат да се приложат без никакви проблеми. Третият способ би изисквал провеждането на множество допълнителни изследвания, чийто обем би надхвърлил значително изискванията към една нормална дисертация. Мисля, че на този етап това не е необходимо да се прави, но би могло да бъде обект на бъдещи научни изследвания.

По-голямата част от глава 3 е посветена на изводи за коравината на хоризонталните сечения в различните стадии на тяхното напрегнато състояние, което е необходимо с оглед дефинирането на коректурната функция  $\varphi$ . Изводите са съобразени преди всичко с предписанията на европейските норми към настоящия момент. При евентуални промени в тези норми това би се отразило само на формулите, отнасящи се до коректурната функция, без да засегне общия алгоритъм на предложената методика. Това обстоятелство би се оказало много благоприятно при едно бъдещо разработване на софтуер за автоматизирано извършване на изчисленията.

### ***Забележки към глава 3***

1. На някои места се забелязва известна терминологична непоследователност. Например  $\varphi_{red}$  първоначално е дефинирана като осреднена коректурна функция, а на други места е спомената като осреднен инерционен момент, който всъщност се получава с помощта на тази функция.

### ***Глава 4 - Напрегнато и деформирано състояние на вертикалните сечения на стоманобетонни комини от температурни въздействия***

В тази глава са представени изследванията на докторанта върху напрегнатото и деформирано състояние на вертикалните сечения, предизвикани от температурните въздействия. Преди това, в т.4.2, са дадени кратки сведения за усилията от ветровото натоварване, съгласно евронормите. Макар че те имат само информативен характер, включването им е уместно, тъй като в края на глава 4 се разглежда въпросът за комбиниране на усилията от температурни въздействия и ветрово натоварване.

Основната част от изводите, касаещи температурните въздействия, е дадена в т.4.3. Тук са изследвани измененията на коравината и усилията преди и след поява на пукнатини. Изведени са зависимости между пукнатинообразуващия момент и различни фактори, като процент на армиране, местоположение на армировката и др. Почти всички

аналитични зависимости са придружени и от графично представяне, като в повечето случаи то е в бездимензионна форма.

#### ***Забележки към глава 4***

1. Схемата от фиг.4.1, въз основа на която е изведена формула (4.5), е непълна, тъй като в нея не са нанесени всички усилия, които действат от горната и долната страна на разглежания пръстен. Нормалните сили, които се получават след като се направят необходимите корекции, са натискови.

2. Необходима е корекция на формула (4.6), за да се изравнят размерностите на изразите от двете страни на равенството. Освен това трябва да се поясни, че формулата се отнася за онези зони от комина, в които радиалните премествания са възпрепятствани, т.е.зоните в близост до фундамента. В останалите зони, където такива ограничения няма, въпросните нормални сили са нулеви или пренебрежимо малки.

Горните две забележки не засягат изследванията върху влиянието на температурните въздействия, които са централната тема в глава 4.

#### **Справка за научните и научноприложни приноси**

Приемам справката за приносите със забележката, че точки 5, 6 и 7 могат да се обединят.

#### **Списък на публикациите по темата на дисертацията**

В представения списък са включени две научни публикации по темата, в които докторантът участва като автор самостоятелно.

#### **4. Заключение**

В представения за рецензиране дисертационен труд е разгледано решението на една сложна инженерна задача, включваща елементи от Строителната динамика и Теория на стоманобетона. При разработване на темата докторантът е демонстрирал ерудираност, находчивост при търсене на алтернативни варианти на съществуващите в момента решения, много добра инженерна и математическа подготовка и умения на много високо ниво за ползване на наличните в момента специализирани софтуерни продукти. Постигнатите в дисертацията резултати заслужават висока оценка.

Имайки предвид всичко изложено по-горе, ***препоръчвам на почитаемото научно жури да присъди на ст.ас.инж. Иван Желев Павлов образователната и научна степен “доктор” по научна специалност 02.15.04 “Строителни конструкции” съгласно Закона за развитие на академичния състав.***

20.04.2011

Съставил:  
/доц.д-р инж. Т. Бобев/