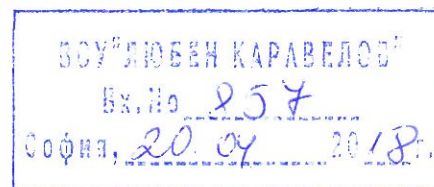


РЕЦЕНЗИЯ



на дисертационен труд, разработен от инж. Станислав Петров Цветков

За получаване на образователна и научна степен „доктор” по научната специалност 02.15.04.
„Строителни конструкции /Стоманобетонни конструкции/”

Тема на дисертацията „Антисеизмично осигуряване на специални стоманобетонни конструкции“ („Сеизмични анализи на стоманобетонни наземни резервоари за вода“)

Научен ръководител:

доц. д-р инж. мат. Георги Дянков Георгиев

От доц. д-р инж. Анита Костадинова Хандрулева
Катедра „Механика и математика”,
Висше строително училище „Любен Каравелов”

Рецензията е изготвена съгласно Заповед №77/25.01.2018г. на Ректора на ВСУ „Любен Каравелов” относно назначаване на научно жури за защита на дисертационен труд за придобиване на образователна и научна степен „доктор”, издадена на основание доклад от декана на Строителен факултет и Протокол № 9/18.01.2018г. от решение на ФС по предложение на катедра „Строителни конструкции” (протокол № 122/06.12.2017г.).

1. Кратки биографични данни

Инж. Станислав Петров Цветков е роден на 12.09.1984г.

1.1. Образование

2013г. - 2016г. - Висше строително училище „Любен Каравелов”, гр. София, докторант;

2009г. - 2011г. - Висше строително училище „Любен Каравелов”, гр. София, ОКС

„магистър“, специалност „Строителство на сгради и съоръжения“, специализация
„Строителни конструкции“;

2003г. - 2009г. - Висше строително училище „Любен Каравелов”, гр. София, ОКС
„бакалавър“, специалност „Строителство на сгради и съоръжения“;

1999г. - 2003г. – Техникум по енергетика (Техническа професионална гимназия)
„Никола Йонков Вапцаров“, гр. Радомир, специалност „Автоматизация на производството-
средно образование.

1.2. Професионална кариера

Инж. Станислав Петров Цветков е хоноруван асистент по конструктивните

дисциплини, преподавани в катедра „Строителни конструкции“ на СФ при ВСУ „Л. Каравелов“ (Стоманобетон, Стоманобетонни конструкции, Специални стоманобетонни конструкции, Стоманени конструкции, Дървени конструкции, Антисеизмично проектиране на сгради и съоръжения).

1.3. Компютърни умения

Владее операционната система Windows, програмата MS OFFICE (MS WORD, MS EXCEL, POWER POINT), приложните програмни продукти AUTOCAD, SAP 2000, TOWER, Civil FEM, Plaxis, Gala Reinforcement и ANSYS.

2. Актуалност на темата

Дисертацията се състои от 9 глави, които са представени с 180 страници, 117 фигури, 111 таблици и 241 формули.

В Глава I (Увод. Литературен обзор- критичен анализ на взаимодействието „флуид-конструкция“, намерило отражение в документите за проектиране у нас и в чужбина, за сеизмичен анализ на резервоари за вода) е направен анализ на състоянието на проблема. Този раздел от дисертацията съдържа: увод, исторически обзор, изчислителни модели на хидродинамичните съставлящи на водата при сеизмично въздействие и документи за проектиране- критичен анализ. Разгледани са теориите, описващи водата по време на сеизмично въздействие. Направен е обзор от класическите теории на Westergaard и Housner до Еврокод (наши дни). Дадени са основни понятия, като: импулсивна и конвективна хидродинамична маси, както и явлението Sloshing (разплискване). Разгледани са документи за проектиране: норми и стандарти, като са описани основните предимства и недостатъци за сеизмичен анализ на резервоари за вода.

Глава II (Фокус на анализите. Актуалност на разработката. Цели и задачи на дисертационното изследване) съдържа: фокус на анализите и актуалност на дисертационното изследване и цели и задачи на дисертационното изследване. Разгледани са видовете резервоари за вода, като са дадени класификации, според различни показатели. Описани са проблеми при стоманобетонните резервоари. На база систематизирано проучване на проблемите като цяло и въвеждането на Еврокод 8-4, са формулирани целите и задачите на разработката.

Глава III (Общи положения по проблемите на дисертационното изследване) съдържа: срещи с проектант от практиката, посещение на съществуващи обекти и избор на характеристики на съоръженията за анализите. От няколко срещи-разговори с проектант на водни резервоари, са установени начините за проектиране на съоръженията, като са коментирани проблеми, свързани със самия конструкторски процес. Също така са посетени реални обекти (част от водоснабдителната система)- резервоари за вода, като са разгледани обстойно (прегледана е тяхната проектна документация и са направени снимки на място). След което от това, както и след проучване на специфични въпроси, касаещи конструктивния анализ и проектирането, са описани характеристиките на приетите за „базови“ модели, изследвани чрез числени експерименти.

Глава IV (Решения на резервоари, подложени на хидростатично и сеизмично

(хидродинамично) въздействия) съдържа: хидростатичен натиск и статичен анализ на съоръженията; анализи, съгласно НПССЗР-2012; анализи, съгласно Westergaard; анализи с отчитане вискозитета на флуида, при определена температура; анализи, съгласно СНиП; анализи, съгласно теорията на Housner; анализи, съгласно Еврокод 8-4; анализи с крайни елементи FLUID; определяне височините на хидродинамичните вълни; определяне периодите на трептене на конвективната част на водата. Дадени са теоретични сведения за отделните изчислителни процедури. Анализирани са „базовите“ модели, съгласно разгледаните методики (теории и документи за проектиране). Извършени са както параметрични решения на ръка (с помощта на MS Excel), така и решения със специализиран софтуер, базиран на работа по Метода на крайните елементи (Tower 7, SAP2000 и ANSYS). Показани са стойностите на: наляганията, хидродинамичните съставлящи на водата (импулсивна и конвективна маси) и височина на тяхното прилагане, коравини на „конвективните“ (свързващи конвективните маси към стените на резервоара) пружини. Описани са теоретичните постановки и са дадени формулите за определяне на периоди на трептене и височини на вълни по съответните литературни източници. Направен е опит да се намерят „пресечниците“ на спектралните криви при еластично и при еласто-пластично поведение на черупката (при вариране на ускоренията) за стената на резервоарите, при използването на двата документа за проектиране. Дадени са таблици, графики и изводи.

Глава V (Анализи на модели, с геометрии, различни от „базовите“) съдържа: ефективност на формата на резервоарите; предложения за сеизмичен анализ на резервоари по процедурите, свързани с прилагането на Еврокод 8-4; избор на изчислителна процедура при анализите. Направен е опит да бъдат обхванати възможно всички възможни решения на съоръжения, от гледна точка на тяхната геометрия: „нисък“, „среден“/„нормален“ и „висок“ съдове, чрез използването на обема вода от „базовите“ модели (за цилиндрични и призматични резервоари). За цилиндричните резервоари допълнително са дадени предложения за промяна на формула в Еврокод 8-4 за конвективното налягане чрез използване на съответните спектри на реагиране. Също за цилиндричните решения са показани решения с отчитането на случайните ексцентрицитети (с пр. пр. Tower 7). В решенията са отчетени както (основната) сеизмична изчислителна ситуация, така и две статични- с хидростатичен натиск (min и max). Дадени са изводи от решенията. Съставена е процедура за проверка на съоръженията на преобръщане и хлъзгане от сеизмични въздействия, при която се доказва коефициента на устойчивост срещу преобръщане, както и условието за плитко хлъзгане. Допълнително е направено сравнение между обемите за цилиндричен и призматичен резервоари, с оглед икономическа ефективност. Направена е и проверка на показаните в Еврокод 8-4 стойности за височините на импулсивната и конвективна маси, относно проверката на преобръщане за ниво- под фундаментна плоча. От това е дадено предложение за корекция, тъй като сравненията са разнопосочни (по смисъл). Допълнително е съставена процедура чрез хидростатичния натиск, при която се сравняват получените усилия. За целта, веднъж самите резултати се завишават с определен процент. А втори път- самите въздействия биват завишени. От така извършените решения, могат да се направят съответните изводи. На база т.нар. „проверка за отваряне“ на черупката е предложена опростена процедура за сравняване на действителното преместване във върха на

резервоара (при сеизмично въздействие) с максималното допустимо чрез въздействието и коравината- проверка имаща смисъл за предотвратяване на разрушаване в горния край на съоръжението.

Глава VI (Обобщение на проведените анализи- резултати и изводи) съдържа: цилиндричен резервоар (разрезни усилия - пръстенни, сравнителни анализи на резервоари с размери на „базовия модел“, височини на вълните и периоди на трептене на конвективната част на водата); призматичен резервоар (разрезни усилия, сравнителни анализи на резервоари с размери на „базовия модел“, височини на вълните и периоди на трептене на конвективната част на водата); формообразуване (цилиндрични и призматични резервоари). Показани са разрезните усилия за „базовите модели“, както и резултатите от предложеното Формообразуване, и допълнително решените „големи“ съдове. Дадени са стойностите на периодите на трептене на конвективната хидродинамична компонента и височините на вълните. Дадени са също разрезните усилия за „базовите модели“ и тези от формообразуването, включително и „големите“ съдове от статична комбинация (min и max), както и резултатите от „похватите“ чрез увеличаване на усилията (като резултат) и самите входни въздействия. Също така са показани коефициентите на устойчивост и предложението на автора, при изчисляване на преобръщане. При отделните резултати, освен изводи, са описани и някои допълнителни опции на решенията (промяна на посоки, знаци и т.н.), от които също са дадени резултати.

Глава VII (Анализ на армировките за поемане на опънните разрезни усилия) съдържа: изследвания за цилиндричен и призматичен резервоари. За цилиндричния резервоар („базов“ модел), на база получени резултати, е изведена формула и графика за определянето на максимално пръстенно усилие, поето с армировка (диаметър и разстояние между прътите). Дадени са изводи. За призматичния резервоар („базов“ модел), на база получени резултати са съставени таблици за необходими площи армировки, при работа на стената като плоча (съгл. ЕС 2) и при минимален процент за армиране при резервоари. Също така, за призматичния резервоар са съставени таблици и графика за: носещата способност на армировките (хоризонтална армировка в стената); необходима площ (в зависимост от физико-механичния коефициент на армиране) и необходима площ на един прът (при дадена обща площ и разстояние между прътите), при работа на нецентричен опън; необходими и приети площи на един армировъчен прът при зададено разстояние между прътите, при минимален процент на армиране за конструктивни стени, поемащи сеизмични въздействия.

В Глава VIII (Заклучение) са обобщени извършените в дисертационния труд решения, чрез изводите от тях.

В Глава IX (Научни и научно-приложни приноси) са формулирани претенциите на автора за научни и научно-приложни приноси.

Разработеният в дисертацията проблем е извънредно актуален в теоретично и приложно отношение. 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 I (Увод. Литературен обзор- критичен анализ на взаимодействието „флуид-конструкция“, намерило отражение в документите за проектиране у нас и в чужбина, за сеизмичен анализ на резервоари за вода) е направен исторически обзор и анализ на изчислителни модели на хидродинамичните съставлящи компоненти на водата при сеизмично въздействие. Динамичните налягания от флуид по време на земетресение са важни за анализа (и конструирането) на хидротехническите съоръжения- язовирни стени и резервоари. Разгледани са трудовете на: Westergaard, Jacobsen, Werner и Sundquist, Graham и Rodriguez, Hoskins, Ayre, Zangar и „основопологащия“ на Housner. Описани са накратко работите на: Haroun, Veletsos, Yang и Malhotra.

Тази глава има познавателен и образователен характер.

3.2. В Глава II (Фокус на анализите. Актуалност на разработката. Цели и задачи на дисертационното изследване) на база конструктивни мероприятия за „поемане“ на разрезните усилия от съхранявания флуид, се уточнява изборът за дебелина на стените на съоръженията. Също така е пояснена височината на свободното пространство над стационарното ниво вода, което е необходимо за вълнообразуването при сеизмични въздействия. Отчетен е фактът, че у нас и в чужбина се работи непрекъснато по сеизмичните анализи на стоманобетонни резервоари за вода, както от научни работници и инженери от практиката, така и по подобряване на стандартите и нормативни документи за проектиране и разработване и развитие на софтуери. Не е случаен разделът в Еврокод 8, част 4- „Силози, резервоари и тръбопроводи“- „Сеизмичен анализ на резервоари“, тъй като съдържанието (съхраняван продукт) и поведението (на системата „резервоар-съхраняван продукт“) са различни от тези при сградите и останалите съоръжения. За първи път в стандарт за проектиране у нас, на резервоари за съхранение на флуиди (без язовирни стени), подложени на сеизмични въздействия, се отчита взаимодействието „флуид-конструкция“.

От това произтичат резултати, доближаващи се в максимална степен до действителността. Естествено- правилното проектиране, наред с конструирането, изпълнението, експлоатацията и поддръжката трябва да бъдат с необходимото качество и синхронизираност. За проектанта-конструктор от значение са стойностите на разрезните усилия и тяхното местоположение. В тази глава са формулирани целите и задачите на дисертационното изследване.

Тази глава има познавателен и образователен характер.

3.3. В Глава III (Общи положения по проблемите на дисертационното изследване) е направен избор на характеристики на съоръженията за анализите („базови модели“).

3.4. В Глава IV (Решения на резервоари, подложени на хидростатично и сеизмично (хидродинамично) въздействия) са разгледани хидростатичен натиск и статичен анализ на съоръженията, съгласно българските норми за проектиране, СНиП и Еврокод, базирани върху класическите теории на Westergaard и Housner (при решения по Спектралната

теория) и с помощта на специализиран софтуер, работещ по МКЕ като Tower (чрез трансформирани товари и налягания), SAP2000 (чрез динамични маси и пружини) и ANSYS (чрез FLUID крайни елементи). Анализирани са резервоари за вода, при строго класифициране на съоръженията (нисък, среден и висок типове съдове). Наблюдавани са стойностите и местоположението на максималните усилия в хоризонтална посока. Предложени са: „формообразуване“ при етап проектиране; спектри при анализите; проверки на стабилитет: проверки на устойчивост, „квази-сеизмични“ проверки, проверки за „отваряне“ на черупките; носещи способности на армировките. Направени са анализи на цилиндричен резервоар, съгласно НПССЗР-2012; Westergaard; с отчитане вискозитета на флуида, при определена температура, съгласно СНиП, съгласно теорията на Housner. Проведени са анализи с динамични маси и пружини. Чрез свойствата на елемента Link (в SAP2000), са въведени характеристиките: маса и коравина, в съответното изследвано направление, за хидродинамичните компоненти на водата. Импулсивната маса е въведена по възли, като е „разбита“ по периметъра до височината. Конвективната маса е въведена като динамична маса.

Проведени са решения: Impulsive и Convective, за модален и спектрален анализи. Решението Impulsive (Without Sloshing) се базира на „прилепване на водата“, докато решението Convective (With Sloshing) се базира на ефекта на разплискване (Sloshing) на водата (като цяло). При анализите са отчитани и следени: ефективна маса (effective mass), коефициент на участие (participation factor) и праг на значимост (threshold of significance). Изчислени са периодите на трептене при различни нива на запълване на резервоара.

Аналогични изследвания са проведени и за призматичен резервоар (Анализи, съгласно НПССЗР-2012; съгласно Westergaard, съгласно СНиП; съгласно теорията на Housner (Анализ „Impulsive+Convective“, Анализ за „дълбок“ съд, Анализ „Трансформирани товари“); Анализи, съгласно Еврокод 8-4; Анализи с динамични маси и пружини. В част 9 на тази глава са разгледани височините на вълните.

Изследванията в тази глава имат научен и научно приложен характер.

3.5. В Глава V (Анализи на модели, с геометрии, различни от „базовите“) са изследвани цилиндрични и призматични резервоари, с цел установяване ефективност на формата. Свойството „ефективност“ на формата на резервоарите се изразява във формообразуване на съдове, при зададен един и същ обем, който е „разлят“ в тях, с цел сравнение на обема бетон (само за стените), динамичните характеристики (период и честота на трептене) и големините на разрезните усилия (с местоположението им). Проведено е допълнително решение на резервоар, съгласно методиката с „трансформирани товари“. В част 2 на тази глава са формулирани предложения за сеизмични анализи на резервоарите по процедурите, свързани с прилагането на Еврокод 8-4 (Спектрални криви- предложения, отнасящи се до цилиндрични (и правоъгълни) резервоари; Проверки на стабилитет на конструкцията (проверки на преобръщане и хлъзгане /плитко/ на резервоарите). В част 3 е извършена „Квази-сеизмична“ проверка (за цилиндрични и призматични резервоари), а в част 4 - Проверка за „отваряне“ на черупката. Програмните продукти (базирани по МКЕ), извеждат резултатите в еластичен стадий, без отчитане реологични явления (съсхваане,

пълзене). За изясняване на това явление може да се ползва коефициента на поведение q , но в анализите $q=1$. Широко използваният „коефициент“ от практиката, вариращ от 2-2,5(3) до 5, отчитащ пукнатини в стоманобетонните елементи и умножаващ еластичното преместване, може да се използва, като той ще има само положително (в полза на сигурността) влияние. Също така, от друга страна „изрязаната лента“ с широчина един линеен метър („заместваща конзола“) в действителност е част от непрекъсната конструкция, което е обстоятелство за намаляване на преместването, тъй като е налице еластично подпиране в посока-перпендикулярна на прилагания товар. При не удовлетворяване на проверката, би следвало да се приеме закоравяване на черупката (увеличаване на дебелината на стената, промяна класа бетон, конструиране на скрити пръстени- греди и др.). Анализът с FLUID крайни елементи, в съчетание с Transient Analysis (Time History) с физическа („материална“) и/или геометрическа нелинейности (с използването на акселерограми); моделирането на армировката (с т.нар. Fiber- модели) и др. под., биха били решения, водещи резултатите към по-голяма достоверност (действителност). В същото време това са решения, изискващи голям компютърен ресурс (станции) и научен капацитет от страна на потребителя.

Изследванията в тази глава имат научен и научно приложен характер.

3.6. В Глава VI (Обобщение на проведените анализи- резултати и изводи) са представени резултатите от проведените изследвания в табличен и графичен вид. Формулирани са и предложения на автора.

Изследванията в тази глава имат научен и научно приложен характер.

3.7. В Глава VII (Анализ на армировките за поемане на опънните разрезни усилия) е извършен примерен сравнителен анализ за площите на армировките

Призматичните резервоари (съвкупност от „интегрални шайби“) имат прави стени, които се закоравяват с ъгли в краищата (това произтича от тяхната форма). Стените могат да се разглеждат като конструктивни стени (шайби), чиито крайни усиленни зони се оформят чрез ъглите и представляват Г-образни (за самостоятелните резервоари) колони. Стеблото (правата вътрешна част, без ъглите) са стените на резервоарите. Тогава апроксимацията е правилна и могат да се използват постулати от теорията за изчисляване и конструиране, както при шайбите.

Не така стои въпросът при цилиндричните резервоари. Конструкциите са непрекъснати, без обособени скрити колони (играещи роля на крайни усиленни зони, както при шайбите). За вертикалната армировка, работеща на нецентричен натиск, важат всички постулати от теорията за изчисляване и конструиране на стоманобетонни елементи в такова напрегнато състояние.

Разгледани са отделните видове процедури за анализ на армировките.

В тази глава са формулирани и изводи от проведените изследвания и сравнение на резултатите.

Изследванията в тази глава имат научен и научно приложен характер.

3.8. Глава VIII е заключение на дисертационния труд.

3.9. В Глава IX (Научни и научно-приложни приноси) са формулирани претенциите на автора за Научни и научно-приложни приноси.

Изложението на дисертационния труд е последвано от цели и насоки за бъдеща работа, декларация за оригиналност и благодарности.

По темата на дисертацията има 13 публикация в съавторство с научния ръководител. Библиографията обхваща 133 заглавия, от които 26 на кирилица и 107 на латиница.

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

Анализите и изводите от всяка една глава на дисертационния труд са представени професионално. Отразените в труда научни и научно-приложни приноси са много добре премерени, като се има предвид количеството и качеството на специалистите, работещи в тази област. Разгледаните числени примери в работата на докторанта ясно демонстрират завършеността на изследванията в представената дисертация. До числената реализация на поставената задача, докторантът достига след едно обстойно и задълбочено проучване на голяма част от съществуващите в тази област трудове.

Приемам заявените приноси в дисертацията и ги оценявам като научни и научно-приложни. Повечето от направените забележки имат редакционен характер. Те не се отразяват на качествата на предложения дисертационен труд. Целта на дисертацията е успешно изпълнена. Литературният обзор и получените резултати показват задълбочени познания на автора в редица области от строителното инженерство.

На основата на представената по-горе оценка на дисертацията правя следното заключение: **Предложеният дисертационен труд отговаря на изискванията за присъждане на образователна и научна степен „доктор” и давам положителна оценка на работата на инж. Станислав Петров Цветков за получаване на образователна и научна степен „доктор” по научната специалност 02.15.04. „Строителни конструкции (Стоманобетонни конструкции)”, професионално направление 5.7 Архитектура, строителство и геодезия.**

18.04.2018г.
гр. София

Изготвил:

(доц. д-р инж. Анита Хандрулева)