

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационния труд за получаване на образователната и научна степен "Доктор"
по научната специалност: 010204 „Механика на деформируемост твърдо тяло”

на тема **“Уязвимост на вкопани тръбопроводи подложени на сеизмични въздействия”**

Автор: гл.ас. инж. **Антоанета Канева,**

Департамент Сеизмично инженерство, НИГГГ, БАН

Научни консултанти: Доц. д-р инж. **Марин Костов,** НИГГГ-БАН

Доц. д-р инж. **Димитър Стефанов,** НИГГГ-БАН

Рецензент: доц. д-р инж. **Димитър Кисляков,** кат. Хидротехника, УАСГ

Дисертацията се състои от 112 страници, в това число графики, таблици и списък с 99 цитирани литературни източника, от които 15 са на кирилица, а останалите 84 – на латиница. Структурата на труда обхваща 6 глави, от които първата е въведение. След тях в отделни части са обособени изводи и заключения от дисертацията, формулировка на научните и научно-приложни приноси, благодарности, списък на използваните източници и списък на публикациите, свързани с дисертацията.

1. Актуалност на труда

Тръбопроводите принадлежат към жизненоважните артерии на съвременната инфраструктура (англ.: *lifelines*). Осигуряването на тяхната експлоатационна надеждност в сеизмични райони е една от важните задачи на инфраструктурното планиране. По своето разположение, особено значение имат в този смисъл т.нар. засипани тръбопроводи, в представения дисертационен труд наричани „вкопани” (по-нататък запазваме този термин). Проектирането на такива тръбопроводи на сеизмични въздействия е обект на сериозен изследователски интерес едва през последните десетилетия. Това не е случайно. Сложните физични взаимодействия, с които е свързано поведението на вкопан напорен тръбопровод при сеизмично въздействие, изискват построяването съответно на сложни физични и математични модели за описване на тези явления. Понастоящем не всички такива взаимодействия / явления са все още детайлно изучени, още по-малко са документите в световен план, които могат успешно да обслужват проектантската практика с адекватни изчислителни процедури. Това с пълна сила важи и за нашата страна, където вкопани напорни тръбопроводи се изчисляват на земетръс най-често или със съмнителна компетентност, или изобщо това не се прави, именно по споменатите причини.

В този смисъл представената дисертация от инж. Антоанета Канева е много навременна и много актуална, при това не само за България. Специално у нас, с официалното действие вече на „БДС EN 1998 – 4, Част 4: Силози, резервоари и тръбопроводи”, откритите въпроси пред проектантите в тази област стават особено наболели и дисертационният труд до голяма степен и по оригинален начин дава нужните отговори.

2. Осведоменост на докторанта по проблема и цел на дисертацията

Целта на дисертацията е формулирана на с.4: „Целта на дисертацията е да помогне на проектанта при предстоящото въвеждане на новите еuronорми, изясняване на същността на натоварването върху вкопаните тръбопроводи от преминаване на сеизмични вълни, методите за моделиране и определяне на възникващите в тръбите напрежения от това въздействие, параметрите, които

влият на големината на максималните напрежения в тръбите, конкретни насоки за изчисления.” Заедно с това докторантката справедливо поставя въпроса и за надеждността на вече съществуващи системи при сеизмично въздействие с определен интензитет. В отговор на този въпрос, в Глава 6 е извършена оценка на възможните последици от земетресение с магнитуд $M = 6.3$ за водоснабдителната система на град София.

Същинската част на дисертацията логично започва с анализ на наличните източници, посветени на формулирания проблем. Такива са Глава 2 „Обзор на специализираната литература за уязвимост на вкопани тръбопроводи при сеизмични въздействия” и Глава 3 „Преглед на нормативни документи”. Смятам, че това разделяне на научно-изследователските публикации от документите за практическо ползване е целесъобразно.

На особено важните работи в Глава 2 е отделено специално внимание и достиженията в тях са представени по-подробно. Тези достижения бележат и ключови моменти в историческото развитие на знанието в тази област. Подчертано внимание се обръща на особеностите при реагирането на вкопаните тръбопроводи на земетръсно въздействие в сравнение с останалите видове строителни конструкции. Формулират се важни изводи по отношение на типа наблюдавани повреди при минали земетресения (САЩ, Япония, Турция) и причините, които са ги предизвикали. В допълнение към края на Част 2.2 обаче не мога да се съдържа да не цитирам обзорния доклад [2], както и работите [1,3,4]. По-нататък се въвежда важното понятие „уязвимост” във връзка с т.нар. криви на уязвимост. Анализира се подходът за построяване на такива криви и необходимата за това информация с цел оценка на очаквани повреди при бъдещи възможни земетресения. Основна изследвана функция е плътността на повредите (т.е. брой повреди на единица дължина тръбопровод), а независима променлива е характерен параметър на сеизмичното въздействие (PGA , PGV , MMI). Анализират се и параметрите, които по най-подходящ за целта начин характеризират сеизмичното въздействие (и съответно получаването им). Привеждат се конкретни зависимости и описания на условията, за които те са валидни във връзка с модела HAZUS на FEMA. По-нататък е представена и методиката на American Lifelines Alliance (ALA) по [5,6,7]. Докторантката провежда детайлен критичен анализ на всеки от приведените източници. Внимателно се анализират приведените в цитираните обобщаващи модели данни и условията, при които тези модели са построени.

Както всяка от главите на дисертацията, Глава 2 завършва с изводи и заключения. Обобщаващите изводи представят историческото развитие на проблема. Освен това те са концентрирани върху кривите на уязвимост като емпирично обоснован описващ модел, който се използва и по-нататък.

Глава 3 е озаглавена „Преглед на нормативни документи”. Такова обособяване е целесъобразно с оглед на ползваните понастоящем в тази област препоръчителни и задължителни документи, съдържащи в определена степен цялостни изчислителни процедури за вкопани тръбопроводи при земетръсно въздействие. Подробно са представени и критично разгледани следните документи:

- *Норми за проектиране на сгради и съоръжения в земетръсни райони*, Издателски център „Строителство и архитектура”, София 1987;
- *Наредба № 2 за проектиране на сгради и съоръжения в земетръсни райони*, ДВ бр. 68, 2007;
- *Закон за устройство на територията*, посл. изм. ДВ. бр.105 от 29 декември 2005 г., в сила от 1 януари 2006 г.;
- *ТНП за проектиране, изграждане и въвеждане в експлоатация на засипани магистрални стоманени водопроводи* (неправилно цитирано „тръбопроводи”), Министерство на архитектурата и благоустройството, 1975;
- *СНИП 2.05.06-85*, Строительные нормы и правила, Магистральные трубопроводы, Госстрой СССР, 1985;
- *EN 1998-4*, Eurocode 8 – Design of structures for earthquake resistance – Part 4: Silos, tanks and pipelines, 2006;

- споменатото по-горе Ръководство за проектиране на вкопани тръбопроводи [5];
- *IITK GSDMA Guidelines for seismic design of buried pipelines*, Gujarat State Disaster Management Authority, 2007 (неправилно наричани „норми“);
- *ASME B31.1-1995 Appendix VII, Nonmandatory Procedures for the Design of Restrained Underground Piping*, 1995;
- споменати, но не цитирани в списъка източници са и: *НП-031-01 Нормы проектирования сейсмостойких атомных станций*, Госатомнадзор России, 2001.

Без да се повтарят и преразказват отделни части от проведения анализ на цитираните документи трябва да се подчертае следното: Тук не е толкова съществено, дали докторантката е пропуснала или не някой достъпен понастоящем документ. Много по-важен е задълбоченият анализ, който е проведен за всяка от цитираните препоръки или норми по отношение на ключови предпоставки, параметри, подходи за определянето на последните и условия за ползване. Цитираният списък документи, регламентиращи процедури за изчисления на вкопани тръбопроводи (включително на земетръс), показва отлична осведоменост на докторантката, а проведеният анализ на условията за прилагане на тези документи свидетелства и за добър практически опит в тази област. С тази глава завършва и обзорната част на дисертацията.

3. Същност на изследванията, достоверност на получените резултати.

В следващата Глава 4 са представени теоретичните основи за определяне на натоварването върху вкопан тръбопровод (в смисъл на максимална относителна деформация) при преминаване на сеизмични вълни. Това е особено важно, защото именно това е случаят, който най-често се среща в практиката и необходимата входна информация при повечето съвременни документи включва описващи параметри на определен тип вълни като характеристика на сеизмичното въздействие. Най-напред се представя опростеният метод на Newmark, който се препоръчва и в цитираната по-горе съответна част на Евронормите. Следва сериозен анализ на съображенията, имащи значение при избора на меродавен тип вълни за дадена площадка и съответно техните параметри (дължина, скорост на разпространение, ъгъл на встъпване, скорост на земната основа). Специално внимание е отделено на повърхностните вълни (на Rayleigh и Love). Привеждат се различни подходи за получаването на дисперсионните им (т.е. честотно зависими) характеристики за случаи на конкретни условия. Проведеният анализ свидетелства за много добра практическа подготовка в областта на инженерната сеизмология, което в разглежданата област е от особено значение.

По-нататък, във връзка с взаимодействието тръба-почва накратко се разглежда механизмът на приплъзване по външната повърхност на тръбата, което води до необходимостта от подходящо моделиране и на процеса на триене по тази повърхност. След това се описва изчисляването на усилията в тръбни връзки. Във връзка с това принципно се представя опростена изчислителна процедура по Goodling (1983, 1991) заедно с цитираното по-горе допълнение *Appendix VII* към *ASME B31.1-1995*.

В изводите и заключенията към тази глава следва да се обърне внимание на следните по-съществени моменти:

- необходимостта от отчитане влиянието на повърхностни вълни;
- съществена препоръка е: „За определяне на стойността на привидната/или фазова скорост на разпространение на сеизмичните вълни за дадена площадка е желателно да се ползва експертна компетентна помощ и да се извършат съответните геофизични проучвания за уточняване на параметрите на почвените слоеве при проектиране на отговорни съоръжения.” (с.54) За съжаление в обичайната проектантска практика тази необходимост се пренебрегва.

- посочва се подход за определянето на скоростта на разпространение на вълните на Rayleigh, когато земната основа не може да се разглежда като хомогенно еластично полупространство;
- посочват се конкретни стойности на привидната скорост на разпространение на обемни вълни.

Във всеки случай първият абзац на част 4.7 представлява принципно резюме на проблемите, които трябва да реши инженерът-проектант във връзка с определянето на максималната сеизмично обусловена деформация на тръбата при преминаване на сеизмична вълна.

В следващата Глава 5 „Изследване на максималните усилия в стоманени вкопани тръбопроводи от разпространение на сеизмични вълни” е представено параметрично изследване на две конфигурации от праволинеен тръбопроводен участък и съответно коляно или тройник (с определена дължина на напречния клон) като едно от граничните условия. Другият край на тръбата представлява действително или виртуално (в смисъл на получено отсъствие на преместване на тръбата) запъване. Всъщност схемите на системата точно следват примери, представени в допълнението *Appendix VII* към *ASME B31.1-1995*. Разгледани са 4 различни диаметъра на системата. Изследва се всъщност праволинейният участък, за който се изчисляват нормални напрежения при наложена осова деформация на натиск. Тези напрежения след това могат да се сравняват с някакви референтни стойности. Параметрите, които се варират, са дълбочина на полагане, модул на реакцията на земното легло (по *ASME B31.1-1995*), коефициент на триене между тръбата и засипката, дължина на сеизмичната вълна. Изчисленията за това параметрично изследване са извършени със споменатата опростена процедура по Goodling (1983, 1991) и резултатите са представени графично на голям брой фигури – от 5.2 до 5.18. И тази глава завършва с изводи и ясни количествени заключения от проведените параметрични изследвания по отношение на влиянието на варираните параметри върху осовите нормални напрежения в тръбата при преминаване на сеизмична вълна.

Завършек на дисертацията представлява последната Глава 6 „Оценка на уязвимостта на водоснабдителната система за град София”. Тя може би е замислена като приложение на един обоснован и завършен изчислителен подход, който е бил цел на проведения в предишните части критичен анализ на наличните информационни източници и на теоретичните изследвания след това. Според мен обаче тази глава представя едно самостоятелно творческо изследване, което само по себе си като цялостно изследване на формулирания проблем има много висока както изследователска, така и практическа стойност. Както се вижда, то не е публикувано другаде и съответно може да се приеме, че е изцяло и единствено част от разглежданата дисертация. Основно е следвана по-горе накратко представената методика на ALA по [5,6,7]. Без да преразказваме тук извършената работа трябва ясно да подчертаем, че цялостното изследване – от подготовката на изходните данни (вкл. съответни обосновани приемания там, където такива липсват), разработването на ГИС-базирана среда и технология за представяне на цялото решение, през дискретизацията на системата и анализа на сеизмичния hazard до изчисленията за получаването на кривите на уязвимост и анализа на очакваните възможни повреди за приетото земетресение – далеч надхвърля обичайната проектантска практика и определено представлява една голяма по обем, тежка по своя интердисциплинарен характер и високотехнологична изследователска задача, която докторантката е решила съвсем успешно, завършвайки със съществени препоръки за реализация.

Дисертационният труд завършва с обособена част Изводи и заключения от цялата дисертация. Тази част уместно може да се приеме по същество за резюме на извършената изследователска работа.

Следва формулировка на научните и научно-приложни приноси в дисертацията, обособени в тези две групи.

В отделна част към дисертацията докторантката изразява своите благодарности.

След това е представен списъкът с използваните литературни източници (99 на брой, от които 15 са на кирилица, а останалите 84 – на латиница).

Дисертационният труд завършва със списък на публикациите по дисертацията. Те са три на брой и представляват самостоятелни доклади на инж. А. Канева на английски и български език на международни конференции в периода от 2005 до 2012 г.

4. Обобщение и оценка характера на приносите в дисертационния труд

Представената дисертация има определено приложен характер. Като такава тя дава ценна практическа информация и отговори на конкретни въпроси по изчислителната процедура за вкопани тръбопроводи при сеизмично въздействие.

Така формулираните приноси по принцип приемам, със следните забележки обаче (номерацията в двете групи следва оригиналния текст на дисертацията):

Научни приноси:

1. Позволявам си да препоръчам заместване на текста „*Направена е класификация на съществуващите нормативни документи...*” с „Извършен е критичен анализ на най-широко използваните нормативни документи...” – най-малкото защото разгледаните тук такива далеч не изчерпват съществуващите в тази област (по-подробно виж по-долу в т.5); и на думата „*Класификацията...*” след това с текста „Предложената в резултат на този анализ класификация...”

3.1 до 3.5 – не мога да приема така формулираните приноси, защото те са свързани с т. 6.6 от *EN 1998-4, Eurocode 8 – Design of structures for earthquake resistance – Part 4: Silos, tanks and pipelines, 2006*, чието заглавие е: “Проектни мероприятия за пресичане на разломи (*Design measures for fault crossings*)”. Добре известно е (например [8,9]), че моделите на механичните системи, представящи пресичането на активен разлом са съвсем различни и те не са предмет на представената дисертация. Що се отнася до В.1(7) на *EN 1998-4*, принос 3.4 се отнася само за първите две позиции, от които за втората не следва пряко този извод (с.62 пак там).

3.6 – Формулировката е очевидна и има добре известен аксиоматичен характер в Земетръсното инженерство.

Изобщо за т.3 като група приноси си позволявам да предложа съдържание (по смисъл) от две позиции, които по мое скромно лично мнение по-адекватно отразяват постиженията в дисертацията, както следва:

- проведен е анализ на използваните модели и необходимите данни за представяне на сеизмичното въздействие при преминаване на сеизмични вълни и са формулирани препоръки за подхода при конкретни приложения;
- извършено е параметрично изследване с помощта на определена цялостна изчислителна процедура за проследяване и количествена оценка на влиянието на конкретно варираните параметри на системата.

Научно-приложни приноси:

4.2 и 4.3 – Бих си позволил да предложа включване на тези точки с подходяща формулировка в т.4.1, тъй като потенциалът на това изследване за бъдещи дейности в тази област по принцип е много по-голям от споменатото в т.4.2 и 4.3 и именно върху този факт би трябвало да се акцентира.

4.4 – Позволявам си да изразя мнението, че тази точка се нуждае от известна стилова редакция за по-голяма яснота.

Независимо от формулираните по-горе критични бележки към заявените от докторантката научни и научно-приложни приноси съм убеден в естеството и качеството на извършената от нея изследователска работа в рамките на дисертацията. Дискусионният (според мен) характер на определени фрази ни най-малко не омаловажава доказаното

израстване на инж. А. Канева в тази трудна и комплексна област и само подчертава сложността на третираните проблеми.

5. Констатации, бележки, мнения, въпроси

За изследователски труд в сложна и актуална област като представената дисертация на инж. А. Канева е естествено, наред с отговорите, които дава на открити въпроси, да породи и нови такива и да даде повод за дискусии. В този смисъл бих посочил определени позиции от изложението в дисертационния труд, както следва:

- Не мога да се съглася с термина „вкопани тръбопроводи” (въпреки че този термин се ползва и от други автори в тази област, [1]). В строителното инженерство най-общо, тези съоръжения са повече или по-малко екзотични и е естествено на тяхната терминология да не се обръща особено внимание. Така е и в повечето работи на английски език, където *buried* (букв. заровен) се използва еквивалентно на *underground* (подземен). В хидротехниката обаче по принцип се прави ясна разлика между „засипан тръбопровод” (т.е. положен в насип или в траншея с обратна засипка – във всеки случай изпълнен по открит способ), „вкопан тръбопровод” (изпълнен по безтраншейна технология) и „подземен тръбопровод” (т.е. облицован шахтов участък или тунелна галерия – изпълнен по подземна технология). На тези съвсем различни съоръжения съответстват естествено и различни изчислителни модели. Освен това има съществена разлика, дали течението на протичащата в тръбопровода течност е напорно, или със свободна повърхност. В този смисъл приемам, че представената дисертация третира *засипани стоманени напорни тръбопроводи*.
- По моето скромно мнение, представената сериозна дисертация би могла само да спечели, ако съществено се прецизира предметът на изследването. В обзорната част по отношение на специализирана литература и нормативни документи се споменава целият възможен спектър от засипани тръбопроводи. Той обаче в действителност като такъв е твърде широк. Магистралните тръбопроводи (от своя страна – непрекъснати и муфени) съществено се различават помежду си по материал и транспортирана течност, по експлоатационни условия, технология на полагане и изчислителни случаи. От друга страна са тръбопроводните системи, при които многообразието е още по-голямо. А дори ако става дума само за напорни стоманени водопроводи (във връзка с изследването в Глава 6), би било уместно конкретизиране на областта на приложение, съответно и на изчислителния(те) модел(и).
- Коментар по Глава 2: Прави впечатление, че при анализа на достъпната специализирана литература за реагирането на засипани тръбопроводи при сеизмично въздействие всъщност са разгледани преимуществено източници, в които емпирично се описва поведението на такива тръбопроводи при минали земетресения. Наистина се правят обобщения и се дискутират влияещи върху реакцията на тръбопровода фактори, специално внимание се обръща на наблюдаваните настъпили повреди и на моделирането на тези повреди във връзка с построяването на криви на уязвимост (изведени за определени съоръжения при определени условия). В действителност обаче нищо не се казва за моделирането на физичните явления при земетръсното въздействие върху засипани тръбопроводи, т.е. съответно за моделирането на динамичното им поведение в условия на сеизмично въздействие. Трябва да се подчертае, че именно на редица конкретни проблеми на това моделиране са посветени голям брой научни трудове (виж [2]). Те тук изобщо не се споменават, въпреки че се очаква тази глава да представи нивото на знание във връзка с мястото на използваните по-нататък изчислителни зависимости.
- Коментари по Глава 3:
 - цитира се *Наредба № 2 за проектиране на сгради и съоръжения в земетръсни райони*, ДВ бр. 68, 2007, а не се споменава актуалната *Наредба № РД-02-20-2*

за проектиране на сгради и съоръжения в земетръсни райони, 27.01.2012 г., ДВ бр. 13, 2012;

- по ТНП от 1975 г. – в момента те вече не са в сила поради влизането в действие на БДС EN 1998-4, а не защото съгласно *Правилник за изпълнение и приемане на магистрални тръбопроводи* от 1984 г. „отпада частта за проектиране” (с.23) – проектирането няма как да отпадне;
- във връзка с коментара по Чл. 152 (НПССЗР, 1987) на с.22 – по моето скромно мнение, засипаните тръбопроводи не могат да бъдат други освен хидротехнически съоръжения (друг е въпросът, дали конкретният раздел адекватно третира особеностите на тяхното динамично поведение). Във всеки случай не са нито тунели, нито други подземни съоръжения (виж бележката по-горе). За тях изрично се отнася и крайно оскъдният Раздел V с несполосано преведеното от руски заглавие „Тръби под насипи”;
- Прави силно впечатление оригиналното приложение на изчислителната процедура в незадължителното допълнение *Appendix VII* към [10], което докторантката е разработила за изчисляване на засипан тръбопровод на земетръс при наложена надлъжна деформация като форма на натоварването. Тук обаче трябва да се има предвид едно важно обстоятелство. Документите на *ASME* и *ASCE* се характеризират със сравнително прости изчислителни зависимости, които обаче са в контекста на една много сложна система от връзки във и между отделните документи и на строго специфицирани условия за използването на тези зависимости именно във връзка с извеждането им. **Пример:** използваната незадължителна процедура е от норми за енергийни тръбопроводи [10]. Подобни норми има за технологични тръбопроводи, *ASME B31.3 Process Piping*, които обаче препращат за сеизмично въздействие към изискванията на документ на *ASCE (ASCE 7-10)*. Картината силно се усложнява, ако се разглеждат газопроводи или петролопроводи. Подобно е положението при водопроводите, където в системата на регулативните документи на *ALA* [11] за сеизмично въздействие се споменава друг отделен документ на *ASCE*. Именно проектантът, който прилага определена процедура като извадка от конкретен документ, би трябвало преди всичко да има правилен подход за ориентация в споменатите системи от документи (или друга подобна такава). Малко учудващо е, че при очевидно богатата си култура в тази област докторантката не е отделила нужното специално внимание на този принципен въпрос.
- Коментари по Глава 4:
 - Приемаме, че в представения труд се разглеждат само надлъжни осови деформации, но изводът в края на 1.абзац на т.4.5 не е обективно потвърден (виж [8,9]);
 - В понятието „контактна задача” на с.49 взаимодействието тръба-течност изобщо не се споменава;
- Коментари по Глава 5:
 - Не е обяснено за съжаление, при какво точно натоварване е проведено параметричното изследване (на с.57 се казва: „Максималната относителна деформация в тръбата се определя при отчитане на силите на триене по контакта тръба-почва (уравнение 3.8).”, а на предишната страница се дава „границната допустима деформация на натиск при проектно сеизмично въздействие съгласно EN1998-4”) И на Фиг.5.1 има реакция, но не и означено натоварване.;
 - Коравините като понятия, с които се борава в началото на с.62, не са съответно дефинирани („коравина на почвата?”);

- При дефинициите на с.59 правят впечатление изрази, които за съжаление не са достатъчно добре обяснени; например: „осово напрежение в коляното в резултат на момента“, „осово напрежение в тройника в резултат на момента“ и т.н. – коя е площадката на това напрежение (или сечение при постоянна стойност), ако то се поражда от огъващ момент – какво е разпределението му и в кое сечение? Тук докторантката запазва терминологията и лаконичния стил на *Appendix VII* към [10], но едно самостоятелно изследване извън системата на тези документи изисква доста повече разяснения – особено в изпълнение на заявената си мисия да подпомогне проектанта;
- На с.62 пише: „По-високи стойности на показателя за отношението на коравината на почвата към тази на тръбата (β) означават, че коравината на почвата е с по-големи стойности от тази на тръбата“, на Фиг.5.8 обаче всички стойности на този параметър (β) са по-малки от единица.
- Коментар по Глава 6:
 - При липса на данни е прието разположението на стоманена тръба в стоманобетонен колектор – за такава система обаче не може пряко да се приложи моделът на засипан тръбопровод;
 - По отношение на материала не се коментират специално тръбите от ПЕВП, а те са както сериозно представени в системата като обща дължина, така и съществено се различават по своето материално поведение от така детайлно анализираните стоманени тръби.
- Коментар по общите Изводи и заключения (с.99):
 - т.2.4: тук трябва да се подчертае, че прилаганата при изследванията в дисертацията изчислителна процедура е тази на Goodling (1983, 1991). Тя се обяснява само по принцип, а цитираните в дисертацията източници, в които тя е разработена, са твърде трудно достъпни. Проблемът обаче не е в наличието или липсата на специализиран програмен продукт, а в това, какъв точно изчислителен модел се използва и при какви условия той е валиден – това е подходът, който проектантът трябва да следва;
 - т.2.5: тук отново въпросът е принципен – ако се работи по определени норми, се следва *техният* подход. Ако определени параметри се налага да бъдат получени въз основа на други източници, тогава се отива към *моделиране* на проблема и това е вече решение на друго ниво;
 - т.3: численото параметрично изследване е извършено по споменатата опростена процедура на Goodling (1983, 1991). При това – с два конкретни модела, различаващи се по лявото гранично условие на закрепване на тръбопровода. Читателят-проектант не знае нито как е изведена тази процедура, нито в какво се състои опростеният ѝ характер. Ето защо препоръчваме много внимателно прилагане на обобщенията на получените резултати.
- Автореферат: изготвеният автореферат по същество адекватно представя дисертационния труд.

Заклучение

Представената дисертация е актуална и оригинална. Откровено смятам, че както нейното ядро (според мен) – Оценката на уязвимостта на водоснабдителната система на град София за конкретно земетресение, така и компетентният анализ на известните изчислителни методики в тази област, необходимите данни и условията за прилагането им заедно с оригинално съставената цялостна процедура за изчисляване на засипани тръбопроводи на сеизмично въздействие, могат решаващо да подпомогнат инженерите – проектантите в тази сложна област на Сеизмичното и Инфраструктурното инженерство.

Проведените изследвания в представената дисертация и постигнатите резултати, както и изпълнените допълнителни изисквания на ЗРАСРБ и Правилника за прилагането му ми дават основание да препоръчам на уважаемото Научно жури да присъди образователната и научна степен „Доктор“ на инж. Антоанета Канева по научната специалност 01.02.04 „Механика на деформируемост твърдо тяло“.

Цитирана литература

1. М. Тодоров, *Взаимодействието на вкопани тръбопроводи с почвената среда при сеизмични въздействия*, Годишник на УАСГ, Том XXXIX, 1997 – 1998 и дисертация на тази тема 2011
2. S. Petkova, D. Kisliakov, „Earthquake-induced Behaviour of Buried Pressure Pipelines: State-of-the-art I. Modelling of physical phenomena and methods of analysis; II. Computational procedures for practical use”, *Proc. International Conference “UACEG2009: Science & Practice”*, 29 – 31 October, UACEG, Sofia, Bulgaria, 2009
3. S. Petkova, D. Kisliakov, „Seismic Design of Buried Pipeline in Accordance with Eurocode 8 Part 4 (EN 1998-4:2006)”, *Proc. Int. Conference on Civil Engineering Design and Construction and Application of Eurocodes (Science and Practice)*, Varna, Bulgaria, 9-11 September, 2010
4. S. Petkova, D. Kisliakov, Y. Yordanov, „Transverse Earthquake-Induced Vibrations of a Buried Pressure Pipeline Including Fluid-Structure Interaction”, *Journal of Theoretical and Applied Mechanics, Sofia, 2011, vol. 41, No. 2, pp. 49–68*
5. (ALA) American Lifelines Alliance, 2001, Guidelines for the design of buried steel pipe, ASCE
6. (ALA) American Lifelines Alliance, 2001, Seismic fragility formulation for water systems, Part 1, ASCE
7. (ALA) American Lifelines Alliance, 2001, Seismic fragility formulation for water systems, Part 2-Appendices, ASCE
8. T. Akiyoshi, „The Effect of Ground Movement on Pipelines”, in „Soil-Structure Interaction: Numerical Analysis and Modelling”, John W. Bull (Ed.), E&FN Spon, 1994
9. L.R.-L. Wang, „Numerical Seismic Analysis and Modelling of Buried Pipelines”, in „Soil-Structure Interaction: Numerical Analysis and Modelling”, John W. Bull (Ed.), E&FN Spon, 1994
10. ASME B31.1-1995 Power Piping, ASME Code for Pressure Piping, B31, 1995
11. American Lifelines Alliance Matrix of Standards and Guidelines for Natural Hazards, ALA, 2003

август 2012 г.

Съставил:



(доц. д-р инж. Димитър Кисляков)