

В І Д Г У К**офіційного опонента**

на дисертацію **Крицького Володимира Борисовича**
«Чисельне моделювання динаміки захисних оболонок атомних
електростанцій при короткочасних навантаженнях»
на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла.

Актуальність теми дисертаційної роботи не викликає сумнів і обумовлена як необхідністю обґрунтування надійності захисних оболонок (ЗО) атомних електричних станцій (АЕС), які відповідальні за радіаційну безпеку у випадку екстремальних технологічних та природних впливів і навантажень, так і недостатністю вивчення певних реальних аспектів поведінки захисних оболонок АЕС при різних видах екстремальних навантажень (зокрема, в аварійних умовах).

Дисертаційна робота виконана у відповідності до програм і планів наукових робіт Інституту механіки ім. С.П. Тимошенка НАН України за наступними науковими темами: «Коливання та стійкість гладких та дискретно підкріплених циліндричних оболонок при статичних та імпульсних навантаженнях» (шифр № 3 1.3.1.392-14 № ДР 0114U0021642014 – 2015 рр.) та «Дослідження механічної поведінки неоднорідних анізотропних елементів сучасних конструкцій складної структури за допомогою нових підходів на основі різних моделей» (шифр № 1.3.1.382-12, № ДР 0102U000249 – 2016 рр.).

Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 187 найменувань на 17 сторінках, містить 27 рисунків і 3 таблиці, 2 додатки на 8 сторінках. Повний обсяг роботи становить 142 сторінки. Зміст роботи відповідає вимогам, які висуваються до кандидатських дисертацій.

Основний зміст дисертації повністю оприлюднений в 18-ти працях, зокрема, 6 статей у наукометричних фахових виданнях, 5 статей у фахових журналах і збірниках України, 7 робіт у збірниках матеріалів і праць міжнародних наукових конференцій (а саме: «The Analysis of Pre-stress Loss in Tendons of the WWER-1000 Containments. International Conference. GRS, Berlin, Germany, 12-19.12.1998»; «The Finite Element Analysis of Degraded Concrete Structures. OECD/NEA Workshop. Brookhaven National Laboratory, Upton, New York, USA, 29-30.10.1998»; «Life Predication and Ageing Management of Concrete Structures. International Conference. Bratislava, Slovakia, 06-08.07.1999»; «Seismic Risk. OECD/NEA Workshop. Tokyo, Japan, 10-12.08.1999»; «Seismic Re-Evaluation of Equipment and Components. IAEA International Workshop. Vienna, Austria, 05-07.06.2000»; «Structural Safety of NPPs in Relation to Extreme Loads. IAEA International Workshop. Vienna, Austria, 04-08.12.2000»; «Міжнародна наукова конференція «Математичні проблеми технічної механіки – 2007»»). Шість із семи згаданих наукових праць оприлюднені В.Б.Крицьким самостійно.

В цілому дисертаційна робота В.Б.Крицького є завершеним науковим дослідженням. Автореферат дисертації повністю відповідає змісту роботи та її основним положенням. Тексти дисертації і автореферату викладені на належному науковому рівні. Загальні висновки дисертаційної роботи повністю відповідають задекларованій меті дослідження.

Результати дисертації апробовані (обговорені) на семінарі відділу будівельної механіки тонкостінних конструкцій Інституту механіки ім. С.П.Тимошенка НАН України, а також на семінарі за напрямком «Механіка оболоноквих систем» при Інституті механіки ім. С.П.Тимошенка НАН України. Частково матеріали дисертації були презентовані на 7-ми вищезгаданих міжнародних науково-практичних

конференціях.

Наукова новизна отриманих в дисертації результатів полягає в наступному:

- наведена і обґрунтована уточнена постановка задачі щодо динамічної поведінки ЗО при дії короточасних екстремальних динамічних впливів в аварійних умовах;
- визначені нормативно узгоджені критерії міцності і працездатності ЗО (як локалізуючої системи безпеки) при короточасних екстремальних динамічних впливах в умовах максимальної проектної і запроектої аварій (МПА і ЗПА);
- розроблено методологію розрахункового моделювання напружено-деформованого стану (НДС) і динамічної поведінки ЗО при короточасних екстремальних динамічних впливах в умовах максимальної проектної і запроектої аварій шляхом застосування математичного апарату для моделювання НДС і динамічної поведінки тонкостінних конструкцій, який передбачає використання комбінованих (змішаних) редуційованих скінченоелементних моделей, утворених з використанням притаманних вихідній МСЕ-моделі форм власних коливань і векторів Ланцоша;
- створено програмний засіб «ДППРОС» (Динамика и прочность оболочечных систем), який реалізує розроблену методологію моделювання НДС і динамічної поведінки ЗО при динамічних впливах;
- розроблено і програмно реалізовано деталізовану, максимально геометрично і структурно наближену до реальної споруди, розрахункову МСЕ-модель залізобетонної споруди ЗО, яка враховує притаманні об'єкту проектні геометричні розміри, фізико-механічні властивості конструкційних матеріалів, граничні і початкові умови тощо;
- розроблено і програмно реалізовано математичні моделі розподілу в просторі і в часі розрахункових силових навантажень на ЗО – власної ваги конструкцій і технологічного обладнання, зусиль переднапруження з врахуванням узагальненого коефіцієнта тертя між арматурними канатами (АК) і каналоутворювачами, стрибку аварійного тиску пароповітряного середовища в герметичному об'ємі (ГО), впливу проектного землетрусу при МПА і повітряної ударної хвилі від вибуху воднево-повітряної суміші в ГО при ЗПА;
- вперше виконано розрахункове моделювання НДС і динамічної поведінки ЗО з застосуванням методу прямого динамічного аналізу і редуційованої МСЕ-моделі великорозмірної відповідальної споруди ЗО для спільної дії аварійних технологічних (тиск, вибух) і екстремальних природних (землетрус) динамічних впливів;
- вперше досліджено вплив на НДС і коливання ЗО вторинних відбитих вибухових хвиль і хвиль від стрибка тиску, проаналізовано процес розкачування споруди.

Отримані при виконанні дисертаційної роботи МСЕ-модель ЗО, обчислювальні алгоритми і програмний засіб «ДППРОС», результати визначення НДС і динамічної поведінки ЗО (зокрема, інформація про динамічні характеристики (частоти, форми власних коливань споруди)), а також оцінки працездатності ЗО в аварійних умовах впроваджені (шляхом застосування в науково-виробничій діяльності), що засвідчено офіційними документами, в ряді науково-дослідних і проектних організаціях України, а саме в таких:

- ВАТ «Харківський науково-дослідний і проектно-конструкторський інститут «Енергопроект», м. Харків;
- ПАТ «Київський науково-дослідний і проектно-конструкторський інститут «Енергопроект», м. Київ;
- ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій»,

м. Київ;

- ДП «Державний науково-технічний центр з ядерної та радіаційної безпеки» Державної інспекції ядерного регулювання України, м. Київ;
- ВАТ «ТЕКО Інтерфейс», м. Київ;

Достовірність отриманих в дисертаційній роботі результатів підтверджена верифікацією розробленої методики і розрахунків шляхом порівняння результатів розрахунків ЗО з тестовими задачами, що мають аналітичні рішення, з результатами розрахунків іншими програмними засобами, а також з результатами натурних спостережень за спорудою ЗО в період передексплуатаційних випробувань ЗО на міцність і герметичність.

Практичне значення отриманих в дисертації результатів полягає в тому, що розроблені математичні моделі, алгоритми та програмне забезпечення можуть бути застосовані для аналізу НДС і динамічної поведінки ЗО реакторних відділень з реакторними установками ВВЕР-1000 при обґрунтуванні перепризначення терміну служби діючих в Україні енергоблоків АЕС, проектний термін служби яких закінчується.

До змісту дисертації є такі зауваження:

1 З математичного опису застосованого методу розрахунку динамічної поведінки МСЕ-моделі ЗО видно, що застосована реалізація методу не враховує демпфування матеріалу ЗО і ґрунтової основи під фундаментом.

2 При оцінці міцності ЗО не враховано динамічне збільшення міцності матеріалів при динамічних навантаженнях.

3 В дисертації не вказано враховані або ні визначені нормативними документами коефіцієнти надійності, відповідальності і умов роботи з в розрахунках ЗО на міцність.

4 При сейсмічних навантаженнях і розрахунку ЗО методом прямого динамічного аналіз не враховано вплив на ЗО відбитої сейсмічної хвилі від умовно не стискуваних шарів основи.

В И С Н О В О К

Дисертаційна робота **В.Б.Крицького** «Чисельне моделювання динаміки захисних оболонок атомних електростанцій при короткочасних навантаженнях» є завершеною працею в якій отримані нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують конкретну наукову задачу суттєвого значення з оцінки працездатності захисної оболонки реакторного відділення АЕС з реакторною установкою ВВЕР-1000, відповідає вимогам, які висувуються до кандидатських дисертацій, а автор дисертаційної роботи заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла.

Офіційний опонент, провідний інженер Відділу автоматизованого проектування ПАТ «Київський науково-дослідний та проектно-конструкторський інститут «Енергопроект» (КІЕП), кандидат технічних наук

Т.І.Матченко

Особистий підпис **Матченка Тараса Ілларіоновича** засвідчую:

Головний інженер КІЕП



В.М.Чернавский