

doc. Ing. Vlastislav Salajka, CSc.  
Fakulta stavební, Vysoké učení technické v Brně  
Veveří 95, 602 00 Brno

## **OPONENTSKÝ POSUDEK**

doktorské disertační práce

### **„Stanovení metodiky seizmické odezvy potrubních soustav s viskózními tlumiči“**

předkladatele Ing. Michala Chluda

doktoranda Ústavu mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky Fakulty strojního inženýrství  
Vysokého učení technického v Brně.

#### **Charakteristika disertační práce:**

Tématem disertační práce jsou problémy spojené s posouzením potrubních systémů s uložením pomocí viskózních tlumičů. Nelineární chování tlumičů komplikuje běžně prováděné výpočty dynamické odezvy. V práci se popisuje jak postupovat při řešení s cílem získat věrohodné výsledky při užití standardního postupu využívající metodu elastických spekter odezvy. Zvolené téma disertační práce je v současné době aktuální a pro praxi významné. Aktuálnost tématu je spojena s využitím metodiky při posouzení a hodnocení potrubních systémů jaderných elektráren.

Metodika posouzení s využitím výpočtů navazuje na řadu předpisů a doporučení. Autor využívá pro výpočty programový systém AutoPipe a programový systém ANSYS. Postup vzájemného propojení programů a navržený postup výpočtu tvoří jádro jeho disertační práce. Práce spadá do oblasti aplikační mechaniky.

#### **Doktorand si vytkl za cíl:**

Doktorand si vytkl za cíl vytvořit metodický postup, který by měl s dostatečnou přesností poskytnout řešení seizmické odezvy potrubních systémů ovlivněné viskózními tlumiči. Postup výpočtu a výpočet má být efektivní. Metodika má splňovat soudobé požadavky praxe na pevnostní výpočty v oblasti jaderné energetiky. Kromě stanovení seizmické odezvy musí definovat postup při provedení předepsaných kombinací s jinými odezvami. Předpokládá se vyhodnocení výsledků dle předpisů a norem. Navrženou metodiku výpočtů ověří na praktických úlohách. Předpokládal výběr reálných potrubních soustav vyskytujících se v prostředí českých, popřípadě slovenských jaderných elektráren. Pro výpočty si zvolil metodu konečných prvků implementovanou prostředí programu AutoPIPE a systému ANSYS.

Zvolené cíle byly splněny.

### **Metody zpracování:**

Disertační práce má rozsah 132 stran. Po úvodu jsou uvedeny cíle práce. Zhodnocení současného stavu problematiky je součástí kapitoly nazvané Rešeršní studie, která v sobě zahrnuje jak přehled současného stavu, ale i postupy řešení odezvy na seizmické zatížení. Autor se okrajově zmiňuje o vlastnostech dvou často používaných viskózních tlumičů. Uvádí možnosti modelování chování tlumičů tzv. čtyřparametrickým Maxwellovým modelem. V kapitole 4 se stručně dotýká možností řešení dynamické odezvy s využitím metody elastických spekter v návaznosti na nelineární řešení přímou integrací pohybových rovnic. V následující kapitole již hovoří o metodickém postupu jak využít program AutoPIPE pro modelování potrubních soustav, přenosu modelu do systému ANSYS, kde jsou provedeny nelineární výpočty, na které navazují po určení pseudotuhostí tlumičů lineární výpočty pomocí spekter odezvy v AutoPIPE včetně kombinací s posouzením. Pro přenos modelu z AutoPipe je využit tabulkový převodník. Exportovaná data jsou následně pomocí programu Python převedena do formátu pro import do systému ANSYS. Vlastnosti tlumičů jsou nahrazeny čtyřparametrickým Maxwellovým reologickým modelem. Dále je popsáno, jak lze vytvořit syntetické akcelerogramy, jak byla řešena odezva přímou integrací pohybových rovnic v programu ANSYS, jak lze určit náhradní pseudotuhosti tlumičů a jak je veden výpočet odezvy metodou elastických spekter v AutoPIPE a nakonec je zmíněna kombinace odezev s vyhodnocením. Obsahem kapitol šest až osm je aplikace „metodiky“ při řešení vybraných potrubních soustav. Autor nejprve charakterizuje soustavu, popisuje její model a působící zatížení. Jako výsledky uvádí vlastní frekvence a tvary kmitu soustav bez tlumičů, vybrané údaje z řešení seizmické odezvy, návrh pružinových náhrad a nakonec porovnává výsledky z řešení přímou integrací s řešením s využitím elastických spekter odezvy. V závěrech se autor zmiňuje o použitých metodách řešení a jejich provázání na úrovni použitých programů. Je uveden použitý postup řešení potrubních systémů s tlumiči. Tvrdí, že prezentované metodika je unikátní. V čem však není uvedeno. Značné rozdíly ve výsledcích řešení svádí na konzervatismus metody elastických spekter odezvy. Není analyzováno řešení pro jednotlivé tvary kmitu, tak aby bylo možné jednoznačně toto tvrzení uvést. V práci není jednoznačně uvedeno, jak byly provedeny jednotlivé kombinace odezev.

### **Hodnocení použitých postupů a dosažených výsledků:**

Disertační práce je co do struktury vcelku dobře uspořádána. Jednotlivé kapitoly jsou logicky řazeny. Možné, že by bylo vhodnější definovat cíle práce až po uvedení přehledu současného stavu a rešerši. Doktorand jasně definuje problém, který disertační práce řeší, cíl, kterého má být dosaženo a rozsah vedlejších úloh, které se musí souběžně vyřešit. Samotný postup, který má být na úrovni metodického postupu je však popsán pouze obecně rovině. Uvedené případy řešení spíše odpovídají čisté kompilaci ze zpráv, než systematickému vědeckému přístupu. Není zřejmé, zda popis uvedených rovnic odpovídá použitému software. Chybí testování postupu na teoreticky přesných úlohách. Přes řadu výtek lze konstatovat, že provedené numerické studie, prokázaly vhodnost zvoleného postupu řešení. Řešení problému, získané výsledky a závěry pro praxi se uvádějí ve vyhovujícím rozsahu.

### **Zhodnocení dosažených výsledků a přínos pro další rozvoj vědy:**

Zvolené ústřední téma disertační práce je vysoce aktuální se vzrůstajícími požadavky na bezpečnost a spolehlivost jaderných elektráren. Výsledky uvedené v disertační práci tvoří potřebný základ pro posouzení potrubních soustav s viskózními tlumici při působení seizmického zatížení. Aplikace uvedených postupů se jeví jako možná pro praktické využití (byla již dříve)

využita. Je na uživateli jak postup rozpracovat a získat věrohodné výsledky. Výsledky disertační práce jsou přínosem pro projekční praxi i obecně.

Doktorand prokázal schopnost samostatně odborně a vědecky pracovat. Naučil se používat programové systémy AutoPIPE a ANSYS.

#### **Formální úprava disertační práce a její jazyková úroveň:**

Předložená práce je na dobré jazykové i formální úrovni s minimem nedostatků a nevýznamným množstvím terminologických chyb, které nemají rozhodující vliv na kvalitu disertační práce. Namátkou uvádím například:

Pojem hmota je nesprávně použit, má být hmotnost, viz str. 23.

„Aparát se rozepře do stavby ...“ lépe např. aparát se ukotví, str. 27.

Matice hmot – lépe matice hmotností, str. 29 atd.

#### **Doplňující otázky a komentáře:**

Jak lze chápat u vztahu 3.3.2 str. 28 slůvko nebo?

U každého řešeného případu postrádám detailnější popis zatížení. Bylo by vhodné uvést jak akcelerogramy, tak i spektra a ne pouze se odkazovat na zdroje.

Dále mne zajímá, zda byly porovnány výsledky modálních analýz získané v programu AutoPIPE a systému ANSYS.

Čím si vysvětlujete výrazné rozdíly ve výsledcích při teplotě 150 °C (kap. 6).

Co si představujete pod pojmem kritický útlum?

#### **Závěrečné zhodnocení:**

Doktorand prokázal schopnost a připravenost k samostatné činnosti v oblasti výzkumu a vývoje. Výsledky disertace potvrzují splnění zadaných cílů řešení zvolené problematiky. Lze konstatovat, že předložená doktorská práce splňuje podmínky uvedené v paragrafu 47 odst. 4 kladené na tento typ práce ve smyslu Zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách. Doporučuji proto přijmout jeho disertační práci k obhajobě a po úspěšné obhajobě doporučuji udělit Ing. Michalu Chludovi akademický titul Ph.D.

V Brně dne 03. 08. 2015



doc. Ing. Vlastislav Salajka, CSc.