

Posudek disertační práce

Uchazeč Zdenko Malík

Název disertační práce SIMPLIFIED DYNAMIC THERMAL MODELS OF BUILDING CONSTRUCTIONS IN CONTACT WITH THE GROUND: SLAB-ON-GROUND

Studijní program Civil Engineering

Školitel prof. Ing. Jan Tywoniak, CSc., Ing. Pavel Kopecký, Ph.D.

Oponent doc. Ing. Ondřej Šikula, Ph.D.

e-mail sikula.o@vutbr.cz

Aktuálnost tématu disertační práce

komentář: Disertační práci řešené téma sdílení tepla konstrukcí na styku se zeminou je ve světě dlouhodobě řešeným a domnívám se již poměrně uspokojivě vyřešeným tématem, které se promítlo do normy ISO 13370 a několika dalších modelů, z nichž některé jsou uvedeny v kapitole 2.3. Jedná se tedy o ne příliš aktuální téma.

vynikající nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Splnění cílů disertační práce

komentář: Cílem disertační práce bylo vyvinout zjednodušený 1D výpočetní model sdílení tepla mezi deskou na rovném terénu a přilehlou zeminou. Jelikož nebylo v cílech práce definováno, že se má jednat o model lepší, nebo konkurence schopný stávajícím, lze konstatovat, že takto definovaný cíl byl splněn.

vynikající nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Metody a postupy řešení

komentář: V zavedených předpokladech na str. 12 chybí několik podstatných položek. Například, že je evidentně zanedbán tepelně-vlhkostní přenos podlahou na ztráty tepla, nebo že je zemina pod podlahou uvažována jako izotropní, homogenní, dále že je zanedbáno proudění podzemní vody, výpočetní model neuvažuje se sluneční radiací, déšť, fázové změny tání – tuhnutí, vypařování – kondenzace, jsou zanedbány vnitřní zisky, vliv technických instalací pod deskou, zanedbání vertikálního tepelného gradientu v zemině, atp. Některé z těchto předpokladů jsou zmíněny v popisu stávajícího stavu – jako přijaté jinými autory, ale nejsou zahrnuty v kapitole „Methodology“ této disertační práce. Konkrétní výhrady a připomínky uvádím v odstavci „Připomínky“. Práce neobsahuje žádnou experimentální validaci vyvinutého modelu, ani nepřímou validaci s využitím experimentů provedených jinými autory.

vynikající nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Výsledky disertace - konkrétní přínosy disertanta

komentář: Disertant vyvinul zjednodušený 1D výpočetní model sdílení tepla mezi deskou na rovném terénu a přilehlou zeminou.

Pozitivní přínosy práce by bylo možné spatřovat:

- V poznacích prezentovaných na obrázku 3-6, který ukazuje, že shoda 2D modelu s 3D modelem klesá s $B'/2 < 2$ a u komplexnějších tvarů základové desky.
- V poznacích prezentovaných na obrázku 3-7, který ukazuje, že tepelná ztráta podlahou spočtená 2D modelem je typicky spíše, o několik málo procentních bodů, nižší než ta spočtená 3D modelem.

Jelikož však nejsou dostatečně popsány a obhájeny všechny metody, nebo jsou některé metody pochybné – viz odstavec „Připomínky“ – je zde oprávněné podezření, že tyto výsledky mohou být zatíženy nezanedbatelnou chybou. Tyto skutečnosti jejich využití dalšími výzkumníky omezuje, čímž devaluje i konkrétní přínosy disertační práce.

vynikající nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Význam pro praxi a pro rozvoj vědního oboru

komentář: Prezentovaný 1D model je striktně omezen pouze na vedení tepla a jeden geometrický případ styku stavební konstrukce se zemínou – deska na zemině. Jiné geometrické konfigurace (objekt podsklepený, či částečně podsklepený, objekt ve svažitém terénu, atp.) není schopen postihnout, což jeho přínos pro praxi limituje.

Částečná analýza významu disertace v oblasti hodnocení a snižování energetické náročnosti budov:

Budeme-li zjednodušeně uvažovat uváděný referenční 3D model za přesný, resultující relativní zpřesnění vlastního 1D modelu, oproti metodě implementované v ISO 13370, vyjádřené střední relativní chybou PMRE – uvedené v tabulce 4-4, je jen 16,5 %.

Disertant, veden patrně záměrem stanovit význam tepelné ztráty podlahou, cituje publikaci [19], ve které je uveden, podíl roční tepelné ztráty podlahou na terénu 15 % až 45 %. Práce [19] se v tomto tvrzení odkazuje na zprávu SHC Task 12/ECBCS Annex 21, která však není v současnosti úplně relevantní, protože vychází z výzkumu prováděného v letech 1988 – 1993, kdy byly požadavky na tepelné izolace na podstatně nižší úrovni než nyní. Sama publikace [19] déle uvádí, že tento podíl závisí na širokém spektru dalších proměnných.

Vezměme místo toho do úvahy místnost na terénu z vyčísleného příkladu normy EN 12831 – obývací pokoj. Tepelná ztráta podlahou vykazuje pouze cca na úrovni 8 % z celkové tepelné ztráty této místnosti s jednoduchým přívodem a odvodem vzduchu. Vlastní analýzou tepelných ztrát sestávající 20-ti dvoupatrových, v drtivé většině nepodsklepených, „běžných rodinných domů“, s podlahou na terénu jsem dospěl k průměrné ztrátě podlahou ztráty této budovy a uvažována i ztráta tepelnými mosty). V případě vyšších než dvoupatrových budov bude logicky podíl tepelné ztráty dále podlahou klesat s jejich rostoucí výškou.

Pokud deklarované 16,5% zpřesnění dáme do poměru k celkové tepelné ztrátě „běžného rodinného domu“, má zde prezentovaný 1D model, potenciál zpřesnit celkovou tepelnou ztrátu budovy o $8 \cdot 0,165 = 1,32$ %. Tento přínos je nejen malý, ale navíc jen teoretický, uvažíme-li zavedená (i nezmíněná) zjednodušení 3D, 2D a 1D modelu (zanedbaný přenos vlhkosti, fázové změny vody, podzemní voda, ... - blíže viz odstavec „Připomínky“). Domnívám se, že tento přínos je výrazně pod úrovní celkové nejistoty modelu.

Z výše uvedených důvodů se domnívám, že přínos pro praxi je celkově podprůměrný.

vynikající nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Formální úprava disertační práce a její jazyková úroveň

komentář: Po formální stránce má disertace standardní úroveň.

Ačkoli nejsem rodilý mluvčí, domnívám se, že jazyková úroveň angličtiny není příliš dobrá. Například Building technical systems na obrázku 2-2 by se mělo nazývat spíše Building services. Na straně 33 by měl být výraz „by division“ nahrazen „by dividing“. Na straně 37 by měl být výraz „Goodnes of Fit function“ nahrazen „Goodness of Fit function“, atp.

vynikající nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Vyjádření k dodržení citační etiky

Citační etika byla v práci v principu dodržena. Mnoho prací však již bylo v dané oblasti publikováno a bylo by vhodné, kdyby byly citovány ve větším počtu.

Připomínky

1. V popisu stávajícího stavu postrádám publikaci [X1], „Libralato M, De Angelis A, Saro O. Evaluation of the ground-coupled quasi-stationary heat transfer in buildings by means of an accurate and computationally efficient numerical approach and comparison with the ISO 13370 procedure. Journal Of Building Performance Simulation 2019/09/03;12:719-727. <https://doi.org/10.1080/19401493.2019.1628304>“, která se věnuje velmi podobným tématem.
2. Jak ukazuje publikace [X1], metoda výpočtu dle ISO 13370 poskytuje výsledky, které se od přesnějších, 3D nestacionárních, či kvazi stacionárních numerických modelů odchyľuje v návrhové tepelné ztrátě (W), či roční tepelné ztrátě (kWh/rok) o méně než 5 % v případě testovacích případů IEA BESTEST GC40a a GC70b. Jaká je odchylka v obou těchto parametrech (W) a (kWh/rok) vašeho testovacího 3D a 2D modelu od výsledků normy ISO 13370?
3. V popisu stávajícího stavu postrádám publikaci [X2] „Chen D. Three-dimensional steady-state ground heat transfer for multi-zone buildings. Journal Of Building Performance Simulation 2015;8:44-56. <https://doi.org/10.1080/19401493.2013.866696>“, která poskytuje uzavřenou formu analytického řešení více zónového modelu sdílení tepla mezi deskou na zemině. Tímto analytickým modelem by bylo možné verifikovat numerická řešení jednoduchých i komplexnějších tvarů desek na zemině.
4. V popisu stávajícího stavu postrádám publikaci [X3] „Ing. Pavlína Charvátová Matematická simulace průběhu teplot v podzákladí a vytvoření modelu odpovídajícího reálnému stavu. Brno, 2019. 169 s., 4 s. příl. Disertační práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemního stavitelství. Vedoucí práce Ing. Karel Čupr, CSc.“, která se zabývá podobným tématem.
5. V popisu stávajícího stavu postrádám publikaci [X4] „PANOVEC, Vladan. Teplotní pole v zemině pod podlahou – teorie a skutečnost [online]. 2013, červenec [cit. 2019-09-20]. Dostupný z: <https://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/10182-teplotni-pole-v-zemine-pod-podlahou-teorie-a-skutecnost>“, která se zabývá podobným tématem.
6. Co vyplývá z citované publikace [20]? Proč je v práci uvedena?
7. V kapitole 2.3 jsou popsány obdobně zaměřené výpočetní modely implementované v různých simulačních softwarech. Postrádám zásadní aspekt každé vědecké práce - kritické zhodnocení stávajícího stavu, definici „research gap“ a srovnání vlastního 1D modelu s těmito modely a to z hlediska přesnosti, výpočetní náročnosti, atp. V čem konkrétně je nový 1D model lepší, či efektivnější? Především by mě zajímalo, jaký je přínos nového 1D modelu v porovnání s Type49 implementovaným v softwaru TRNSYS zmíněným na straně 28?
8. Na obrázku (2-5) jsou zobrazeny nereálné roční průběhy teplot. Nejmarkantněji je to patrné na teplotě venkovního vzduchu, která 1. ledna dosahuje cca +6 °C a nejnižší hodnoty,

kolem - 13 °C na podzim – to zcela odporuje experimentálně ověřené skutečnosti. Analogicky jsou pak nereálné i teploty v zemině. Patrně je zde, pro zjednodušení, zaveden nějaký časový posun, ale bez dalšího vysvětlení jsou tyto průběhy teplot velmi matoucí.

9. Co je myšleno „iterative analytic method“ v prvním odstavci na straně 29? Přesněji, co, v tomto kontextu, vyjadřuje výraz „analytic“?

10. Definujte vhodným obrázkem, co je přesně „width“ a „length“ v rovnicích na straně 33. Zejména to vymezte vůči dalším používaným parametrům jako a, b, P. Z dostupného popisu to není jasné.

11. Věta „...reduces the time and computational power requirements of reference simulations...“ na straně 34 mi není srozumitelná. Proč je nutné snižovat potřebný výpočetní výkon? Výpočetní výkon je dán použitou výpočetní stanicí, pouze u náročnějších výpočtů trvá déle. Hlídat a omezovat má smysl především obsazenost RAM paměti počítače, aby při výpočtu „nepřetekla“.

12. Postrádám, v kapitole 3.1., vysvětlení o rozdíl jakých teplot se hovoří na straně 37 – $\Delta\theta = 37$ °C. Dále postrádám informaci o tom, jaký typ okrajových podmínek je v interiéru a exteriéru použit

13. V jakých časových jednotkách je třeba, v kapitole 3.1., dosazovat čas v rovnicích (3-5) a (3-6)? Odpovídá obrázek (2-5) těmito funkcím?

14. V kapitole „Assumptions, fixed values and boundary conditions“, v kapitole 3.1., zásadně postrádám informaci o tom, jaký typ okrajových podmínek je v interiéru a exteriéru použit. Jde o Dirichletovy, či Robin-Newtonovy okrajové podmínky? Jaké součinitele přestupu tepla byly případně použity v exteriéru?

15. Každá nestacionární simulace musí vycházet z počáteční podmínky rozložení teplot. Postrádám, v kapitole 3.1., její specifikaci a diskusi vhodnosti.

16. Jak vyplývá ze zmíněné ČSN EN ISO 10211:2020, teplota na spodním okraji výpočetní domény musí být rovna průměrné roční teplotě vzduchu v dané lokalitě. V podmínkách ČR je to cca +10 °C. Z rovnice (3-6) se zdá, že nestacionární simulace v průběhu několika let bude směřovat k teplotě +6 °C. Tato volba zcela neodůvodněně navyšuje tepelný tok podlahou na zemině. Data publikovaná v [X3], která byla experimentálně získaná na pozemku Geofyzikálního ústavu AVČR v Praze-Spořilově místními výzkumníky ukazují, že již v hloubce 10 m je zde celoročně ustálená teplota +11,5 °C.

Reálně v zemské kůře navíc existuje teplotní gradient, který způsobuje zvyšování teploty na spodním povrchu výpočetní domény s její narůstající hloubkou a reálná teplota na spodním povrchu výpočetní domény tak může být ještě vyšší.

17. Postrádám, v kapitole 3.1., kritéria kvality použité výpočetní sítě, řádu numerické diskretizace a kritérií konvergence u referenčního 3D a 2D modelu. Toto je nezbytné pro posouzení spolehlivosti prezentovaných výsledků.

18. Postrádám, v kapitole 3.1., test nezávislosti numerického 2D a 3D řešení na výpočetní síti. Nejen publikace [X1] ukazuje, jak kvalita výpočetní sítě může výsledek ovlivnit.

19. Jaká byla kvalita výpočetní sítě na obrázku 4-5?

20. Proč nebyla využito fyzikální a geometrické symetričnosti a nebyla 3D výpočetní doména zjednodušena na 1/4?

21. Okrajové podmínky 3D modelu opět nejsou popsány.

22. Proč nebyly v práci prezentovány vertikální teplotní teploty v zemině pod podlahou spočtené 3D, či 2D modely? Odpovídají nasimulované teploty těmito modely principálně experimentálně změřeným a prezentovaným v [X3] a [X4], nebo jsou v důsledku volby nevhodných okrajových podmínek příliš nízké?

23. Vzhledem k charakteru navrženého 1D modelu vzniklého regresním přístupem s laděním parametrů vyvstává pochybnost o tom, jaká je jeho využitelnost pro jiné tepelně-technické vlastnosti zeminy a stavebních konstrukcí.

24. Kromě tepelné ztráty je při tepelně-technickém návrhu třeba posoudit faktor vnitřního

povrchu v rohu a koutě na interiérovém povrchu, tepelnou jímavost podlahy, či tepelně-vlhkostní funkci konstrukce na terénu. Je navržený 1D model schopen poskytnout potřebná a dostatečně přesná data, nebo je uživatel v tomto odkázán na využití dalších modelů/metod/software?

Závěrečné zhodnocení disertace

Sdílení tepla mezi budovou a okolní zeminu je komplexní a intelektuální zajímavý jev. Každý smysluplný výpočetní model musí dostatečně přesně zohlednit strukturu a chování modelovaného díla tak, aby byl dostatečně robustní a přesný. Současně musí zanedbat méně významné, či nevýznamné jevy, aby byl konkurenceschopný v porovnání s jinými metodami. Tyto standardní požadavky nebyly, u prezentovaného 1D modelu, touto disertační prací dostatečně prokázány. Přínosy disertace a jejich význam pro praxi a rozvoj vědního oboru hodnotím jako malé. Existují zde také nejasnosti a konkrétní pochybnosti o správnosti některých postupů, které jsou blíže specifikovány v odstavci „Připomínky“. Existuje řada vědeckých prací publikovaných v renomovaných vědeckých časopisech, které dané téma zpracovaly na velmi dobré úrovni a tato disertační práce je buď nereflektuje, nebo na ně nedokázala dostatečně navázat a poznání v dané oblasti dostatečně posunout. Dílčí výsledky této práce byly publikovány pouze ve dvou českých recenzovaných časopisech a tak doposud neprošly náročným recenzním řízením renomovaných mezinárodních vědeckých časopisů.

S přihlédnutím k výše uvedenému nepokládám tuto práci za disertabilní.

Doporučuji po úspěšné obhajobě disertační práce udělení titulu Ph.D.

ano

ne

Datum: 26. 5. 2023

Podpis oponenta: