

Využití principu disipace energie při seismickém návrhu ocelové konstrukce parního kotle



Společnost Babcock Borsig Steinmüller CZ s.r.o. (dále BBS CZ) projektuje a dodává elektrárenské a teplárenské parní kotle často do seismicky velmi aktivních oblastí. Díky tomu má s návrhem nosných konstrukcí zatížených seismickou bohaté zkušenosti. V souladu s Evropskou normou pro navrhování konstrukcí zatížených seismickou (dále EC8[1]) společnost volí vždy mezi dvěma přístupy k řešení seismické události. První možností projektanta je řešit celou konstrukci lineárně pružným výpočtem, tedy rozšířením statického výpočtu o zatížení podpor harmonicky zrychleným pohybem podloží. Druhou možností je řešit seismickou situaci tzv. disipativním výpočtem – tento přístup předpokládá, že v konstrukci během seismické události dojde k rozvoji plastických kloubů ve vybraných detailech konstrukce a k přeměně části seismické energie v teplo (přeměna energie v teplo bude dále uváděna jako „disipace energie“). Disipativní návrh sice klade na konstrukci speciální požadavky, vede ale k bezpečnějšímu řešení. Nastane-li totiž větší než předpokládané zemětřesení, pravděpodobnost, že se celá konstrukce zřítí, je oproti lineárnímu výpočtu nižší. V následujícím článku jsou uvedeny dílčí výsledky práce na téma „Aplikace disipativního přístupu na návrh nosné konstrukce parního spalínového kotle věžového typu (dále vertikálního kotle)“, kterým se společnost BBS CZ ve spolupráci s Vysokou školou báňskou – Technickou univerzitou Ostrava (dále VŠB-TUO) dlouhodobě zabývá.

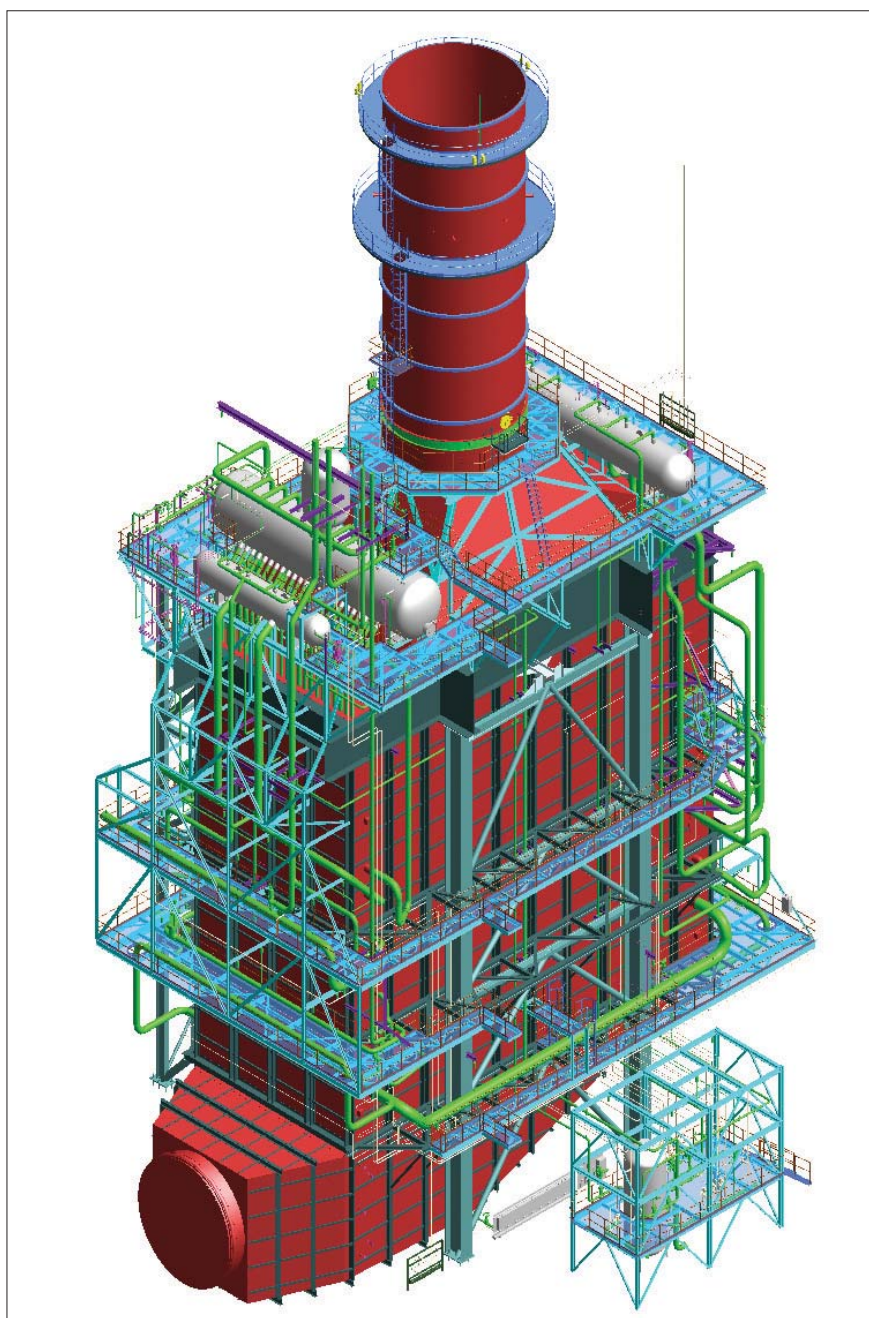
Disipativní koncepce

Jedná se o přístup využívající disipaci energie ve vhodně vybraných detailech konstrukce, ve kterých bude záměrně překročena během zemětřesení mez kluzu. V těchto oblastech dojde k přeměně energie zrychlených hmot v teplo a k prokluzu v nově vzniklých plastických kloubech. Schopnost konstrukce jako celku zůstat stabilní při přetížení vybraných detailů kvantifikujeme pomocí součinitele duktility. Tento součinitel představuje podíl velikosti zatížení potřebného ke zřícení celé konstrukce k velikosti zatížení potřebného k vytvoření prvního plastického kloubu v konstrukci. V disipativní koncepci navrhování se jedná o zásadní veličinu, jelikož tímto součinitelem jsou děleny účinky zemětřesení působící na konstrukci. Tento součinitel může nabývat hodnot od jedné do šesti i více; volí ho projektant a zásadně tím ovlivní výsledný návrh konstrukce i účinků konstrukce na spodní stavbu.

Základem disipativní koncepce je návrh disipativních zón v konstrukci, tedy prvků v konstrukci, které budou během zemětřesení plasticky deformovány. Výpočtem musí být doloženo, že v prvcích v disipativních zónách bude překročena v průběhu seismické situace mez kluzu, nedojde však k vyčerpání tažnosti materiálu těchto prvků. V prvcích mimo disipativní zóny nedojde k překročení meze kluzu. Dalším nezbytným předpokladem je, aby energie byla ve všech disipativních zónách rozptýlována rovnoměrně. Po seismické události se předpokládá kontrola a výměna disipativních prvků.

Aplikace disipativní koncepce v návrhu konstrukce vertikálního kotle

Vertikální kotle jsou tvořeny svislým spalínovodem obdélníkového průřezu o rozměrech 4 x 4 m až 12 x 25 m, ve kterém jsou zavěšeny potrubní systémy výměníku tepla na nosníky, které prochází prostorem spalínovodu. Na spalínovod navazuje ocelový komín o průměru dva až šest metrů výšky 10 až 60 metrů. Nosnou konstrukci vertikálních kotlů tvoří vícepatrové prostorové rámy, které nesou komín a stropní nosníky zajišťující trubkové systémy i plechový plášť kotle. Spalínovod je zavěšen a dilatace směrem dolů. Poloha kotle a přenos

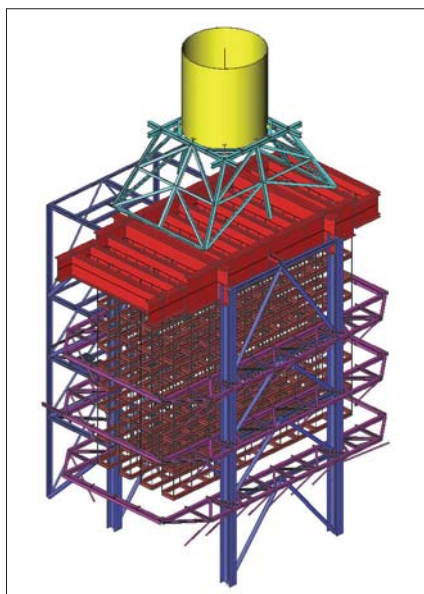


Pohled na 3D model kotle projektu Krasnodar

vodorovných sil je zajištěn svislým vedením umístěným na ocelové konstrukci.

Návrh disipativní konstrukce vyžaduje zaručení určité míry schopnosti duktilního chování konstrukce jako celku. S ohledem na běžně používané typy průřezu v konstrukcích kotlů a další kritéria, vycházející z EC8 [1], volíme hodnotu součinitele duktility rovnou 3,2.

V rámci praktického řešení problému byla vyšetřována konstrukce vertikálního kotle projektu Krasnodar, Rusko. Tato konstrukce byla realizována firmou BBS CZ v uplynulém roce v lokalitě se seismickou odpovídající referenčnímu špičkovému zrychlení podloží $a = 0,2 \text{ g}$. Návrh dimenzí konstrukce byl proveden lineárně pružným výpočtem metodou spektra pružné odezvy podloží s rozkladem do vlastních tvarů. Tuto konstrukci jsme pro porovnání vyprojektovali s využitím principů disi-



Pohled na 3D statický model nosné konstrukce kotle projektu Krasnodar

pativního návrhu. Konstrukce je dimenzována na zatížení od hmotnosti kotle, tedy 1 250 tun na jeden sloup. Vodorovným pohybům hmot kotle brání vertikální vedení rozmístěné v jednotlivých patrech rámu. Hmoty účinkující v dynamickém výpočtu je tedy rozdělena do jednotlivých pater a lokalizována v místech vedení.

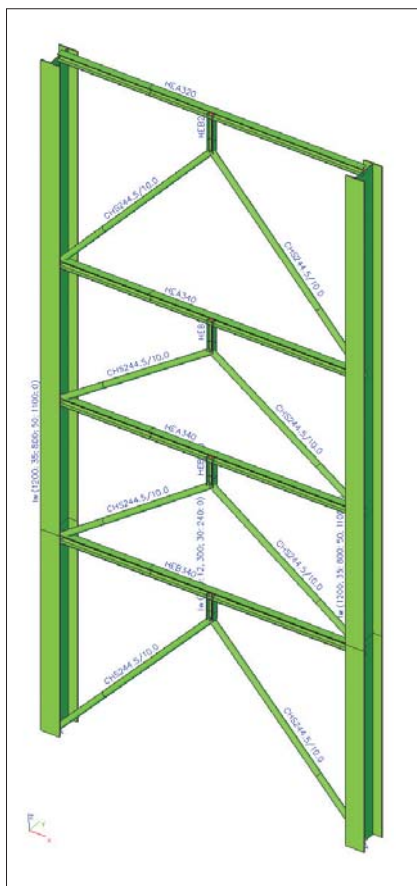
Použití disipativní koncepce vedlo ke změně statického modelu konstrukce. Z důvodů zachování podmínky statické neurčitosti konstrukce byly odstraněny klouby v přípoích příčlů a sloupů. Disipativní zóny v modelovém případě byly řešeny jako svislé seismické články excentrického ztužení podle EC8 [1]. Výhodou tohoto uspořádání je možnost volit různou délku článku v jednotlivých patrech a tím ovlivňovat jeho využití. Články byly dimenzovány tak, aby maximální napětí v nich během neredukované seismické situace nepřekročilo mez pevnosti.

Porovnání hospodárnosti konstrukce oproti řešení bez využití disipace

Podle hmotnostního podílu jednotlivých typů

Typ konstrukce vertikálního kotle	Podíl hmotnosti jednotlivých typů konstrukce z celkové hmotnosti nosné konstrukce		
	Lineárně pružný výpočet	Disipativní konstrukce	Rozdíl
Sloupy	31,3 %	31,3 %	0 %
Strop kotle	53,4 %	53,4 %	0 %
Příčle	6,4 %	4,5 až 6,4 %	0 až 1,9 %
Zavětrování	6,1 %	2,7 až 5 %	1,1 až 3,4 %
Ostatní	2,8 %	2,8 %	0 %
Články	0 %	0,5 %	-0,5 %
Celkem	100 %	95,7 až 99,5 %	0,5 až 4,3 %

Tab. 2 – Procentuelní rozdělení hmotností konstrukce vertikálního kotle a vyjádření úspory disipativní koncepce vůči nedisipativnímu návrhu

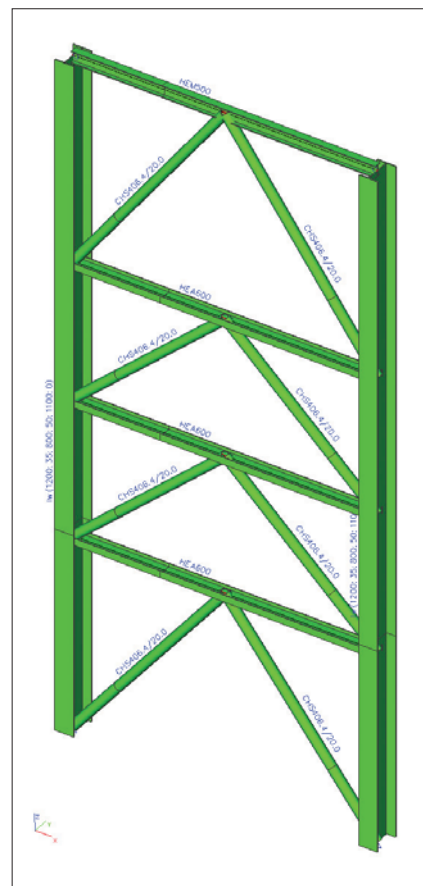


Část nosné konstrukce projektu Krasnodar navržena jako disipativní konstrukce

konstrukcí k celkové hmotnosti konstrukce kotle byla stanovena předpokládaná celková úspora hmotnosti při použití disipativní koncepce oproti koncepci lineárně pružného návrhu. Výsledky shrnuje následující tabulka.

Závěr

Ukázalo se, že použití disipativní koncepce pro návrh konstrukce vertikálního kotle je nejen platnými normami doporučené, ale i vhodné, jelikož přináší úsporu hmotnosti výsledné konstrukce v řádu procent. Vzhledem ke zvýšení pracnosti návrhu, provedení detailů v disipativních zónách



Část nosné konstrukce projektu Krasnodar navržena lineárně pružným výpočtem

a zvětšení vodorovných deformací konstrukce, však není účelné navrhovat disipativní konstrukce v oblastech s malou seismicitou.

Navíc praktickému použití disipativní koncepce pro návrh konstrukcí vertikálních kotlů zatím brání několik otázek, na jejichž vyjasnění dosud pracujeme. Jedná se především o:

- Prokázání schopnosti prvků v disipativních zónách opakovaně plastifikovat při působení zrychlení na odpovídající frekvenci.
- Prokázání, že ve všech disipativních prvcích bude dosaženo meze kluzu.
- Ověření energetické rovnováhy úlohy. Bude

nutno prokázat, že energie vnějších sil je v disipativních zónách bezpečně přeměněna v teplo.

Literatura

- EN 1998-1, Navrhování konstrukcí na účinky zemětřesení – Část 1: Obecná pravidla, seismická zatížení a pravidla pro pozemní stavby, Praha: Xerox, 2006, 170 s.

Ing. Jiří Protivínský,
VŠB-TU Ostrava (externí doktorand)
a Babcock Borsig Steinmüller CZ s.r.o.
(projektant ocelových konstrukcí),
doc. Ing. Martin Krejsa, Ph.D.,
VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební,
Katedra stavební mechaniky

Use of the principle of energy dissipation in the seismic design of a steel structure of a steam boiler

The company Babcock Borsig Steinmüller CZ s.r.o. ("BBS CZ") designs and supplies steam boilers for power stations and co-generation plants, often to areas with significant seismic activity. Thanks to this, it has rich experience in designing earthquake-resistant supporting structures. In compliance with the European Standard for design of structures for earthquake resistance ("EC8[1]"), the company always chooses between two approaches to handling a seismic event. The designer's first option is to design the entire structure by linear elastic analysis, i.e. by expanding the static calculation to include the load on supports through harmonically accelerated floor movement. The other option is to resolve the seismic situation by a so-called dissipative analysis - this approach stipulates that during a seismic event within the structure, development of plastic joints occurs in selected details of the structure, and part of the seismic energy converts to heat (energy converted into heat hereinafter referred to as "energy dissipation"). Though the dissipative design places special requirements on the structure, it leads to a safer solution. That is because if a larger than expected earthquake occurs, the probability that the entire structure would collapse is lower as opposed to design based on linear analysis. In the following article, partial results are presented of a paper on the topic "Application of the dissipative approach to designing the supporting structure of a tower-type exhaust gas steam boiler ("vertical boiler")", with which the company BBS CZ has been involved for many years in cooperation with Ostrava Technical University ("VŠB-TUO").

Использование принципа диссипации энергии в проекте сейсмически устойчивой стальной конструкции парового котла

Фирма «Babcock Borsig Steinmüller CZ» (далее «BBS CZ») проектирует и поставяет электрические и тепловые паровые котлы в сейсмически активные области. Благодаря этому у фирмы большой опыт по проектировке и сооружению несущих конструкций, обременённых сейсмической неустойчивостью. В соответствии с Европейскими Нормами проектирования конструкций для сейсмически активных зон (далее EC8[1]) фирма выбирает всегда между двумя подходами к решению сейсмических случаев. Первая возможность для проектировщика — решить проблему при помощи линейно упругих расчётов, т.е. расширением статических расчётов ещё на усиление опор гармоническим увеличенным движением пола. Вторая возможность — решить ситуацию диссипативным способом. Этот подход предполагает, что в конструкции в период сейсмического случая произойдёт развитие пластических узлов в некоторых участках конструкции и в превращение части сейсмической энергии в тепло (превращение энергии в тепло будет в дальнейшем обозначаться, как «диссипация энергии»). Диссипационный проект хоть и предъявляет к конструкции специальные требования, но при этом ведёт к более безопасному решению. В случае, если землетрясение окажется сильнее, чем предполагалось, гораздо больше вероятности, что конструкция устоит, по сравнению с конструкцией, поставленной на линейных расчётах. В последующей статье приведены частичные выводы работы на тему «Применение диссипативного подхода при проектировании несущих конструкций парового котла башенного типа (далее вертикальный котёл), над разработкой которого фирма «BBS CZ» в сотрудничестве в Горнодобывающим институтом – Техническим университетом в Остраве (далее VŠB-TUO) долго работает.

A.e.m.

ASOCIACE
ENERGETICKÝCH
MANAŽERŮ

Asociace Energetických Manažerů si Vás dovoluje pozvat na XV. Podzimní konferenci na téma

Blackout v ČR Strašák nebo faktická hrozba

kteřá se bude konat ve dnech **18. – 19. září 2012 od 10.00 hod.** na adrese
Hotel Olympik, Sokolovská 615/138, Praha 8

Nad konferencí převzal osobní záštitu
ministr průmyslu a obchodu MUDr. Martin Kuba.

V poslední době se stále více diskutuje o možném rozsáhlém výpadku elektřiny v ČR. Jsme opravdu blízko blackoutu? Na jedné straně energetici varují, že situace se vyhrcoje. Na druhé straně máme za sebou odstavení jaderných elektráren v Německu a k tomu ještě velmi mrazivou zimu a nic se nestalo. Je situace opravdu tak vážná? A co když k tomu dojde? Jak zafungují všechna ochranná opatření? Je naše společnost se schopna skutečně ochránit? Jak bude vypadat nouzový režim? A jak dlouho může trvat? Jaké budou dopady do ekonomiky a života obyvatel?

Přijďte diskutovat.

Na konferenci vystoupí odborníci z energetického sektoru, ale i zástupci Integrovaného záchranného systému a další přední odborníci na tuto tematiku

Generálním partner konference:

Partner konference:

Generálním partner konference:

čepi
a.s.

UNICORN systems

EMC²