

# HODNOCENÍ RIZIKA ULOŽENÍ POTRUBNÍCH SYSTÉMŮ

## RISK ASSESSMENT OF PIPING SUPPORT SYSTEMS

Jiří Valášek <sup>a)</sup>, Lukáš Junek <sup>a)</sup>, Jiří Lukáš <sup>b)</sup> a Radovan Šťastný <sup>b)</sup>

<sup>a)</sup> Ústav aplikované mechaniky Brno, s.r.o.

<sup>b)</sup> ČEZ, a. s., TKaD KE

### Abstrakt

Předkládaný článek se věnuje stručnému popisu metodiky hodnocení rizika uložení potrubních systémů. Pod pojmem uložení jsou myšleny veškeré prvky, které vymezují potrubní systém v prostoru. Rizikové hodnocení uložení bylo vytvořeno za účelem posouzení rizikovosti jednotlivých komponent uložení (závěsy, podpěry, tlumiče atd.) a ohodnocení jejich aktuálního technického stavu. Metodika je nastavena tak, že pro hodnocení rizika uložení potrubního systému je potřeba vytvořit / získat souhrn informací, které se týkají provedení uložení, technického stavu uložení a potenciálních dopadů poškození uložení potrubního systému. Každá získaná informace je poté v rámci hodnotícího procesu ohodnocena patřičným rizikovým skóre, ze kterého jsou následně vypočteny indexy použité při výsledném hodnocení rizika a technického stavu uložení. Podle úrovně výsledného rizika jsou následně definována opatření pro snížení rizika jednotlivých komponent uložení. Cílem hodnocení je snaha docílit stavu, kdy bude znám technický stav každé komponenty uložení na daném potrubním systému a také, aby jednotlivé komponenty uložení nepředstavovaly pro bezpečný provoz potrubního systému výrazné riziko.

### Abstract

The presented article deals with a brief description of the methodology of pipeline support risk assessment. The term pipeline support means all elements that define the pipeline system in a power plant area. The risk assessment of the pipeline support was created to assess the risk of individual support components (hangers, supports, shock absorbers, etc.) and to assess their current technical condition. Idea of methodology is that it is necessary to create and to obtain a summary of information about of the pipeline support design, the pipeline support technical condition and the potential impacts of pipeline support damage. Each information obtained due to survey is then evaluated by the appropriate risk score, from which the evaluation indexes are calculated. The evaluation indexes are then used for risk and risk matrix expression. When the risks and risk matrix of pipeline support are evaluated, appropriate steps are designed in order to reduce the risk of each pipeline support component. The aim of the methodology (survey process) is to achieve a state when the technical condition of each pipeline support component on a given pipeline system is known and also that none of individual pipeline support component do not pose a significant risk to the safe operation of the pipeline system.

### Úvod

Metodika hodnocení rizika uložení potrubního systému byla vyvinuta na pracovišti Ústav aplikované mechaniky Brno, s.r.o. na základě diskuzí s pracovníky ČEZ, a. s. odboru Technická kontrola a diagnostika Klasických elektráren (TKaD KE), s využitím literatury, která se dané problematice věnuje [1, 2] a již vypracovaných metodik zaměřených na hodnocení rizika, vytvořených na pracovišti Ústav aplikované mechaniky Brno, s.r.o. [3, 4, 5]. Metodika pro hodnocení rizika poskytuje návod pro hodnocení uložení u libovolného potrubního systému, ovšem její hlavní využití se předpokládá u uložení parovodů klasických elektráren. Pod pojmem uložení rozumíme jednotlivé komponenty, které zabezpečují ustavení potrubního systému v prostoru elektrárny a které jsou pro daný potrubní systém voleny tak, aby vhodným způsobem

kompensovaly jeho váhu a deformace vzniklé při provozu potrubního systému. Jedná se především o pevné nebo pružinové závěsy, pevné nebo pružinové podpěry, kluzné podpěry a vedení, pevné body a tlumiče. Komponenta (prvek) uložení se zpravidla skládá ze tří základních dílů:

1. část, která bezprostředně obklopuje potrubí (např. objímky, třmeny),
2. vlastní nosná část (např. táhla, stojany),
3. část, která přenáší zatížení na stavební konstrukci nebo zajišťuje předem definovaný pohyb (např. stropní uchycení, kluzné podložky).

Vytvořenou metodiku je možno využít jako návod, na jaké projevy poškození je potřeba se v rámci kontroly uložení zaměřit bez návaznosti na hodnocení rizika uložení, nebo získané informace o technickém stavu uložení dále zpracovat a stanovit výsledná rizika uložení. Na základě stanovených rizik pak definovat nutná opatření pro snížení rizika tak, aby bylo zajištěno, že u všech posuzovaných komponent uložení bude dosaženo nejnižší možné míry rizika selhání jejich funkčnosti. Cílem hodnocení rizika uložení je také zajistit včasné a dostatečné informace o uložení a přijetí opatření pro zajištění bezpečného a ekonomického provozu potrubního systému.

### **Princip hodnocení rizika uložení**

Výchozím vstupem pro metodiku jsou sestavené seznamy komponent uložení, které se na hodnoceném potrubním systému nacházejí. Pro jednotlivé komponenty uložení a jejich blízké okolí je potřeba shromáždit potřebné informace (hodnotící otázky) o jejich aktuálním technickém stavu, respektive o jejich poškození. Vybrané informace, které je potřeba z hlediska hodnocení rizika uložení shromažďovat, se týkají také potrubního systému, na kterém je hodnocení uložení prováděno. Hodnocení rizika uložení probíhá tak, že každé informaci (hodnocené otázce) je přiřazeno patřičné rizikové skóre podle předem definovaných kritérií. Každá informace je tedy ohodnocena patřičným rizikovým skóre podle toho, jaký je aktuální stav konkrétního prvku uložení. Pod pojmem rizikové skóre je myšleno celé číslo (počet bodů) od 1 do 5, přičemž 1 bod reprezentuje nejnižší rizikové skóre (nejmenší riziko) a 5 bodů naopak nejvyšší (největší riziko). Metodika hodnocení je vytvořena universálně pro různé druhy komponent uložení. Je tedy možné, že danou informaci nebude možné pro konkrétní komponentu uložení získat. V takovém případě otázka nevstupuje do hodnocení (například, když je hodnocen pevný závěs, tak jsou informace týkající se pružinového prvku označeny například číslem -1). Pokud nějaká informace není známa, nebo ji aktuálně nelze ověřit (kontroly již dříve proběhly, ale aktuálně to není možné) vzhledem k obtížnému přístupu (např. komponenta uložení je zcela nepřístupná během provozu, je zcela pod izolací, je na nedostupném místě během provozu, atd..) je daná informace ohodnocena následovně: rizikovým skóre 3 v případě, že daná informace byla získána při předchozích kontrolách a byla tehdy hodnocena body 1 nebo 3 a zároveň daná informace není starší 5 let, nebo rizikovým skóre 5 v případě, že daná informace ještě nebyla po dobu hodnocení získána nebo byla získána dříve, ale informace je starší 10 let. Toto „náhradní“ hodnocení bude pravděpodobně použito v případech vizuální kontroly uložení tam, kde je hodnocená komponenta uložení během provozu nepřístupná. V obou výše zmíněných případech je použití náhradního skóre potřeba uvést do poznámky hodnocení s dodatkem, že je potřeba danou komponentu uložení zkontrolovat během příští plánované odstávky (předpokládá se potřeba sundání tepelné izolace v místech komponenty uložení).

Souhrn informací, které je potřeba shromažďovat k jednotlivým komponentám uložení i k celé potrubní trase při periodickém hodnocení, je volen v tom duchu, aby bylo možné získat potřebné informace na základě vizuální kontroly.

Samotné hodnocení, respektive jednotlivé informace, které je potřeba shromažďovat, jsou rozděleny do několika tematických celků.

### **Informace o projektové dokumentaci potrubního systému (uložení, potrubí atd.)**

Jedná se o získání vstupních údajů o hodnoceném potrubním systému. Dostupnost projektové dokumentace je v rámci hodnocení rizika uložení důležitá vzhledem k možnému srovnání, zda se hodnocené uložení nachází v projektovém stavu. Hodnocení informací týkajících se projektové dokumentace je provedeno pro daný potrubní systém, a to při zavedení hodnocení uložení do praxe.

### **Informace o přístupnosti jednotlivých komponent uložení**

Hodnocení rizikovosti uložení z hlediska jeho přístupnosti / dostupnosti při vizuální kontrole. Hodnocení je provedeno pro jednotlivé prvky uložení při zavedení hodnocení uložení do praxe.

### **Informace o provozních parametrech a neprojektových provozních stavech**

Hodnocení rizikovosti uložení na základě sledování provozních parametrů a případných neprojektových provozních stavů. V zásadě se hodnotí informace, zda je na potrubním systému prováděno měření provozních parametrů a zda tyto parametry nepřekračují projektové provozní parametry. Případný výskyt neprojektových provozních stavů je hodnocen zvlášť. Hodnocení informací v tomto bodě je prováděno periodicky.

### **Informace o poškození uložení**

Informace o jednotlivých prvcích uložení jsou získávány vizuální kontrolou. Informace v tomto bodě jsou zaměřeny především na ohodnocení případného poškození konkrétních prvků uložení, které jsou na potrubí trase instalovány. Jedná se o závěsy, podpěry, pevné body, tlumiče. Hodnocení informací v tomto bodě je prováděno periodicky.

### **Informace o poškození potrubí**

Informace o poškození potrubí jsou získávány vizuální kontrolou. Vizuální kontrola je v tomto bodě zaměřena především na kontrolu poškození tepelné izolace a jejího opláštění a také zda je potrubní trasa zjevně uložena na všech uloženích. Hodnocení informací v tomto bodě je prováděno periodicky.

### **Následky poškození uložení**

Tato část metodiky je zaměřena na hodnocení následků poškození uložení. Hodnocení následků je zaměřeno především na ekonomickou stránku následků poškození uložení. Hodnocení je provedeno při zavedení hodnocení uložení do praxe.

Na základě shromážděných informací, z výše jmenovaných témat, a ohodnocení těchto informací rizikovým skóre, bude každé komponentě uložení možno přiřadit její rizikové hodnocení vyjádřené pomocí **Indexu potenciálu poškození** –  $I_{PP}$  [-]. Pro popis aktuálního technického stavu uložení je zaveden **Index technického stavu** –  $I_{TS}$  [-], který je vypočten z hodnocení informací, týkajících se pouze poškození uložení. Ohodnocením informací týkajících se následků poškození je vytvořen **Index následků poškození** –  $I_{NP}$  [-]. Z vypočtených indexů (Index potenciálu poškození a Index následků poškození) je vyjádřeno **Riziko poškození uložení** a **Matice rizika poškození a následků** (poškození vs. následky). Jednotlivé indexy jsou vypočteny tak, že každé informaci pro každou hodnocenou komponentu uložení je přiřazeno její rizikové skóre. Suma rizikových hodnocení je poté normována vůči nejhoršímu možnému hod-

nocení všech patřičných informací, což znamená, že výsledné vypočtené indexy jsou normované, tedy nabývají hodnot v intervalu  $\langle 0;1 \rangle$ .

Dle úrovně výsledného rizika jsou následně definována nutná opatření pro snížení rizika tak, aby bylo zajištěno, že pro všechna posuzovaná uložení bude míra rizika minimalizována.

### Obecný matematický popis stanovení indexů

Každou z hodnocených informací lze ohodnotit patřičným rizikovým skóre v rámci zvoleného intervalu hodnot 1 až  $k$  a následně všechny hodnocené informace porovnat s nejhorším možným stavem.

$$x; \forall x \in \{1, \dots, k\} \wedge y; y > 0 \quad (1)$$

kde  $x$  je hodnocení dané informace a  $y$  je váha hodnocené informace.

Vypočtení jednotlivých indexů (Indexu potenciálu poškození uložení –  $I_{PP}$ , Index technického stavu uložení –  $I_{TS}$  a Index následků poškození –  $I_{NP}$ ) je provedeno podle vztahu (2).

$$I_{PP}, I_{TS}, I_{NP} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_i^2 \cdot y_i^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n k_i^2 \cdot y_i^2}} \quad (2)$$

kde  $x_i$  představuje hodnocení  $i$ -té informace,  $k_i$  představuje nejhorší možné hodnocení  $i$ -té informace a  $y_i$  představuje váhu  $i$ -té informace.

### Výsledky hodnocení

Výsledky hodnocení je možné prezentovat pomocí jednotlivých indexů (Index potenciálu poškození, Index technického stavu uložení, Index následků poškození) formou rizik (Riziko poškození uložení, Matice rizika poškození a následků) nebo také pomocí vyjádření technického stavu uložení. Prezentace výsledků může být formou hodnot indexů (interval  $\langle 0;1 \rangle$ ), barvy (zelená, bílá, žlutá, červená, modrá), slovní (zanedbatelná, nízká, střední, vysoká, nehodnoceno/neznámí stav) a písmennou (A, B, C, D, E, X).

### Index potenciálu poškození = Riziko poškození uložení

Vyjádření Rizika poškození uložení dle Indexu potenciálu poškození je uvedeno v tab. 1. Riziko a matice rizika jsou prezentovány slovně a barevně.

Tab. 1: Vyjádření Rizika poškození uložení dle Indexu potenciálu poškození

	Riziko poškození uložení - PRU			
	Zanedbatelné	Nízké	Střední	Vysoké
Index potenciálu poškození	$\langle 0,25 \rangle$	$\langle 0,25 - 0,5 \rangle$	$\langle 0,5 - 0,75 \rangle$	$\langle 0,75 - 1 \rangle$

### Index technického stavu uložení = Technický stav uložení

Technický stav uložení je vyhodnocen na základě Indexu technického stavu. Technický stav je prezentován písmennou formou a barevně. Vyjádření technického stavu uložení je uvedeno v tab. 2.

Tab. 2: Vyjádření technického stavu uložení

	Technický stav uložení					
	A	B	C	D	E	X
Index technického stavu	< 0,30	<0,30 – 0,50)	<0,50 - 0,75)	<0,75 – 0,92)	<0,92 – 1)	-

### Index potenciálu poškození a Index následků poškození = Matice rizika poškození a následků

Matice rizika poškození a následků je vytvořena na základě Indexu potenciálu poškození a Indexu následků poškození. Sestavení matice rizika poškození a následků je provedeno v tab. 3. Riziko a matice rizika jsou prezentovány slovně a barevně.

Tab. 3: Sestavení Matice rizika poškození a následků

		Rizika poškození a následků - RPN			
Index potenciálu poškození	< 0,25	Zanedbatelné	Zanedbatelné	Nízké	Nízké
	<0,25 - 0,5)	Zanedbatelné	Nízké	Střední	Střední
	<0,5 - 0,75)	Nízké	Střední	Střední	Vysoká
	<0,75 – 1)	Nízké	Střední	Vysoké	Vysoké
Index následků poškození		< 0,25)	<0,25 - 0,5)	<0,5 - 0,75)	<0,75 – 1)

Tab. 4: Návrh výsledného hodnocení uložení \*

ID	Ele.	KKS	Popis komponenty uložení	I <sub>PP</sub>	RPN	TS	Plánování
1	ETU II	B1LBA02BQ005	Jednotáhlový pevný závěs	0,88	N	E	Ihned
2	ETU II	A1LBA03BQ001	Dvoutáhlový pružinový závěs	0,82	S	D	Krátkodobé
3	ETU II	C2LBB01BQ014	Dvoutáhlový pružinový závěs s konstantní silou	0,48	S	C	Střednědobé
4	ETU II	D2LBC01BQ004	Patka pro svislé potrubí kluzná	0,23	N	A	Dlouhodobé

ID – pořadí, Ele. – elektrárna, KKS – jednoznačný kód pro označení komponenty, I<sub>PP</sub> – Index potenciálu poškození, RPN (Rizika poškození a následků), TS – Technický stav uložení

\* Pozn. k tabulce: uvedené výsledky slouží pouze pro příklad prezentace výsledků. Prezentované označení, popis komponenty uložení a hodnoty výsledků nejsou získány na základě provedení hodnocení reálných komponent uložení.

Uvedení číselných hodnot jednotlivých indexů je důležité pro představu o "poloze rizika" v příslušné matici rizika a dále k uvědomění si kvantitativních rozdílů mezi jednotlivými hodnocenými komponentami uložení. V rámci metodiky hodnocení rizika uložení je možno prezentovat jednotlivé výsledky (indexy, stav, rizika) různou formou (číselně, barevně, písmeně, slovně). Z důvodu rozumné orientace ve vypočtených výsledcích hodnocení rizika uložení je v tab. 4 představen návrh prezentace výsledků pro jednotlivé hodnocené komponenty uložení.

## Závěr

Metodika hodnocení rizika uložení obsahuje popis rizikově orientovaného hodnocení uložení potrubních systémů. Rizikové hodnocení uložení bylo vytvořeno za účelem posouzení rizikovosti jednotlivých komponent uložení (závěsy, podpěry, tlumiče atd.) a zjištění jejich aktuálního technického stavu. Největší riziko plynoucí pro potrubní systém z poškozeného uložení je, že v případě výrazného poškození / zničení určité komponenty uložení dochází k tomu, že je potrubní systém v jiném stavu, než v jakém byl projektován. Může tak dojít k přeskupení napětí do jiných částí potrubního systému, což ve svém důsledku může způsobit rychlejší čerpání životnosti dalších částí potrubního systému (ohroženy jsou především svary).

V rámci metodiky pro hodnocení rizika uložení potrubního systému byl vytvořen souhrn informací, které je potřeba za účelem rizikového hodnocení uložení shromažďovat. Jednotlivým informacím je poté přiřazeno jejich rizikové skóre, ze kterého jsou vypočteny indexy prezentující skutečný stav uložení potrubního systému. Na základě vypočtených indexů (Indexu potenciálu poškození – IPP [-], Indexu technického stavu – ITS [-], Indexu následků poškození – INP [-]) jsou stanovena patřičná rizika, respektive matice rizika pro každou hodnocenou komponentu uložení. Dle úrovně výsledného rizika jsou následně definována opatření pro snížení rizika jednotlivých komponent uložení. Cílem hodnocení je snaha docílit stavu, kdy bude znám technický stav každé komponenty uložení na daném potrubním systému a také, aby jednotlivé komponenty uložení nepředstavovaly pro bezpečný provoz potrubního systému výrazné riziko (výsledné riziko uložení nízké nebo žádné).

## Literatura

- [1] EPRI (2012): *Piping Hanger System Inspection Guide*. Technical report, 1026659, EPRI, Palo Alto.
- [2] EPRI (2014): *Evaluation of Piping Systems After Traumatic Thermal and Mechanical Shock Events*. Technical report, 3002003015, EPRI, Palo Alto.
- [3] NTD A.S.I. (2016): *Zvláštní případy zařízení a potrubí jaderných elektráren typu VVER: Obecná metodika komplexního hodnocení životnosti jaderných zařízení*. Normativně technická dokumentace, ZP – 08–2016, A.S.I.
- [4] Diviš, V. a kol. (2016): *Technická pomoc při optimalizaci metodiky RMSS ČEZ ME 0980, Optimalizovaná metodika RiskWeld pro hodnocení svarových spojů*. Výzkumná zpráva, ZP6012/16, Ústav aplikované mechaniky Brno, s.r.o., Brno.
- [5] Diviš, V. a kol. (2017): *Metodika komplexního hodnocení životnosti PG EDU a ETE*. Výzkumná zpráva, ZP6195/17, Ústav aplikované mechaniky Brno, s.r.o., Brno.