

Prediktivnost v údržbě a technická diagnostika - nezávislý pohled na danou problematiku

doc. Ing. František Helebrant, CSc., Ing. Vlastimil Moni, Ph.D.

¹VŠB-Technická univerzita Ostrava

²Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s., Most

Přijato: 29. 10. 2020, recenzováno: 11. a 17. 5. 2021

Abstrakt

Obsahem předmětného článku je učinit nezávislý komplexní pohled na problematiku prediktivnosti v údržbě. V článku jsou souhrnně popsány nejdůležitější termíny vztahující se k předmětné problematice, jako jsou např. systémy údržby, základní klíčové nástroje údržby a jejich logická provázanost. Dále jsou zmíněny nejdůležitější části platné legislativy vztahující se k údržbě a bezpečnosti technických systémů, bezpečnosti práce a managementu technických rizik.

Predictability in maintenance and technical diagnostics – an independent view of the issue

The content of this article is to make an independent comprehensive view of the issue of predictability in maintenance. The article summarizes the most important terms related to the subject matter, such as maintenance systems, basic key maintenance tools and their logical interconnection. Furthermore, the most important parts of the applicable legislation relating to the maintenance and safety of technical systems, occupational safety and technical risk management are mentioned.

Prädiktive Instandhaltung und technische Diagnostik – eine unabhängige Ansicht auf die gegebene Problematik

Inhalt dieses Artikels ist eine unabhängige und komplexe Ansicht auf die prädiktive Instandhaltung darzustellen. Im Artikel sind zusammenfassend die wichtigsten Termine beschrieben, die mit der auftretenden Problematik – wie z. B. Instandhaltungssystemen, grundlegende Schlüssel-instrumente der Instandhaltung und ihre logische Verflechtung – zusammenhängen. Weiter werden die wichtigsten Teile der gültigen Gesetzgebung bezüglich der Instandhaltung und Sicherheit der technischen Systeme, der Arbeitssicherheit und des Risikomanagements erörtert.

Klíčová slova: údržba, technická diagnostika, provozní spolehlivost, životnost, technické zařízení, bezpečnost, funkčnost, vzdělání a kvalifikace.

Keywords: maintenance, technical diagnostics, operational reliability, service life, technical equipment, safety, functionality, education and qualifications.

1 Úvod do problematiky

Určitě není třeba nikoho přesvědčovat, že aspekty důležité k zajištění provozní spolehlivosti technických zařízení v obecné rovině jsou sice v uvozovkách rozmanité, ale především se jedná o tzv. znalostní inženýrství, tzn. technické a výkonnostní parametry, možnosti daného výrobního systému, potřebný čas, nutnou kvalitu výroby a funkčnost výrobku, zajištění provozuschopnosti a následné provozní spolehlivosti výrobních strojů a zařízení, respektování otázek finančních, personálních, provozních rizik a bezpečnosti.

Pak je logické, že základním prvkem ochrany technických děl a zařízení je aplikace spolehlivých technických prvků, jejich správné nasazení, propojení a provozní nasazení zabezpečující bezpečný a provozně spolehlivý provoz, včasná a řádná údržba jakožto prioritní a rozhodující nástroj, zálohování prioritních konstrukčních uzlů na podkladě rizikové analýzy.

2 Údržba - procesně technická činnost

Údržba vždy byla a bude procesem rozporuplným. Na jedné straně spotřebovává zdroje a je nejčastější příčinou řady pracovních úrazů, na straně druhé zajišťuje již zmíněnou provozní spolehlivost a životnost, tzn. provozuschopnost výrobních stro-

jů a zařízení. Řešení je pak dáno efektivností vynaložených nákladů na údržbu, které zajistí přijatelné prostoje výrobního zařízení a bezpečný provoz. Takže v údržbě musíme hodnotit nejen ukazatele ekonomické, ale i technické a organizační a plně si uvědomit, že údržba je také tím prostředkem, kterým ovládáme a snižujeme riziko provozu, tzn. bezpečnost. Ve své konečnosti má funkční, spolehlivý a správný chod každého stroje svůj nepopíratelný vliv na environment [1,4].

Je tedy naprosto logické, že je bezpodmínečně nutná hluboká integrace údržby do každého výrobního procesu, tzn. od řízení až po plánování. Ve světě k danému přispívá aplikace metody „Asset Managementu (AM)“. Český ekvivalent je „Management majetku a jeho údržby“, i když daleko častěji jsme se zatím setkávali s českým vyjádřením v podobě „Integrovaná péče o majetek“. Nejedná se o nic jiného, než o komplexnější (systémový) přístup k řízení majetku po celou dobu jeho technického života, tzn. od vývoje a konstrukce, přes výrobu a montáž, vlastní provoz a údržbu až po jeho likvidaci.

Další metodou v péči o majetek, v dnešní době skloňovanou ve světě ve všech pádech, je „Facility Management (FM)“, což v češtině nachází své vyjádření jako „Management podpůrných procesů (stavební objekty, energetická zařízení, přírůdky energie, topení, klimatizace, větrání, osvětlení, sociální zařízení

apod.)“. Jak je patrné, tak se jedná doslova o široký záběr, proto většinou zůstáváme u klasických českých termínů pro daná zařízení.

Z pohledu ČSN EN 13306 Údržba - Terminologie, „Údržba představuje proces řízení definovaný jako kombinace všech technických, administrativních a manažerských opatření během životního cyklu objektu, zaměřených na jeho udržení ve stavu či navrácení zařízení/stavby do stavu, v němž může vykonávat požadovanou užitečnou funkci“. V citované normě najdeme i další související termíny, např. funkčnost, bezpečnost provozní, spolehlivost, pohotovost, životnost, udržovatelnost jako obnovitelnost a preventivnost, zajištěnost údržby, atd.

Vydáme-li z nejobecnější definice provozní spolehlivosti „Vlastnost výrobku (stroje), která mu umožňuje plnit určené funkce v mezích přípustné tolerance při daných provozních podmínkách a požadované době provozu“ a následně teprve mluvíme o již zmíněných dílčích znacích spolehlivosti, ale také o diagnostikovatelnosti a opravitelnosti, tak nám jednoznačně vyplývá, že zabezpečení provozní spolehlivosti je nutno chápat jako systémový problém řešení všech procesů a činností ve svých vzájemných vazbách a souvislostech – systémově procesní chápání údržby jako nástroje zajištění provozní spolehlivosti. Už teď by mělo být zřejmé, že zabezpečení provozní spolehlivosti se de facto prolíná celým průběhem technického života každého provozovaného objektu, že prvopočátek provozní nespolehlivosti už může začínat na samém začátku průběhu jeho technického života, tzn. jsme u základního faktu, že se nejedná o nic jiného, než o komplexní (systémový) přístup k řízení majetku po celou dobu jeho technického života, tzn. od vývoje a konstrukce, přes výrobu a montáž, vlastní provoz a údržbu až po jeho likvidaci.

Když se podíváme na systémové požadavky na provozní spolehlivost a definování obecně platných definic pro cíl, filosofii, strategii a koncepci údržby a plně si uvědomíme, že

údržba je hodnotovým tokem, který je bezpodmínečně nutným pro hlavní hodnotový (výrobní) tok – tzn., řešíme procesně technickou činnost, která logicky má své základní procesy. Když si následně uvědomíme, že každá výroba má svůj charakteristický výrobní proces, který je zabezpečován výrobními stroji (technická aktiva – majetek) a údržba zajišťuje péči, resp. správu majetku, tak je naprosto logické, že údržba jako procesně systémová technická činnost musí být doslova „šitá na míru“ výrobnímu procesu.

2.1 Základní zásady řešení systému údržby

Platí známé pravidlo pro řízení procesů (3E; Economy-hospodárnost, Efficiency-účinnost, Effectivity-výsledek) v aplikaci na údržbu. Každý správně vyprojektovaný a implementovaný systém údržby musí být postaven na těchto zásadách:

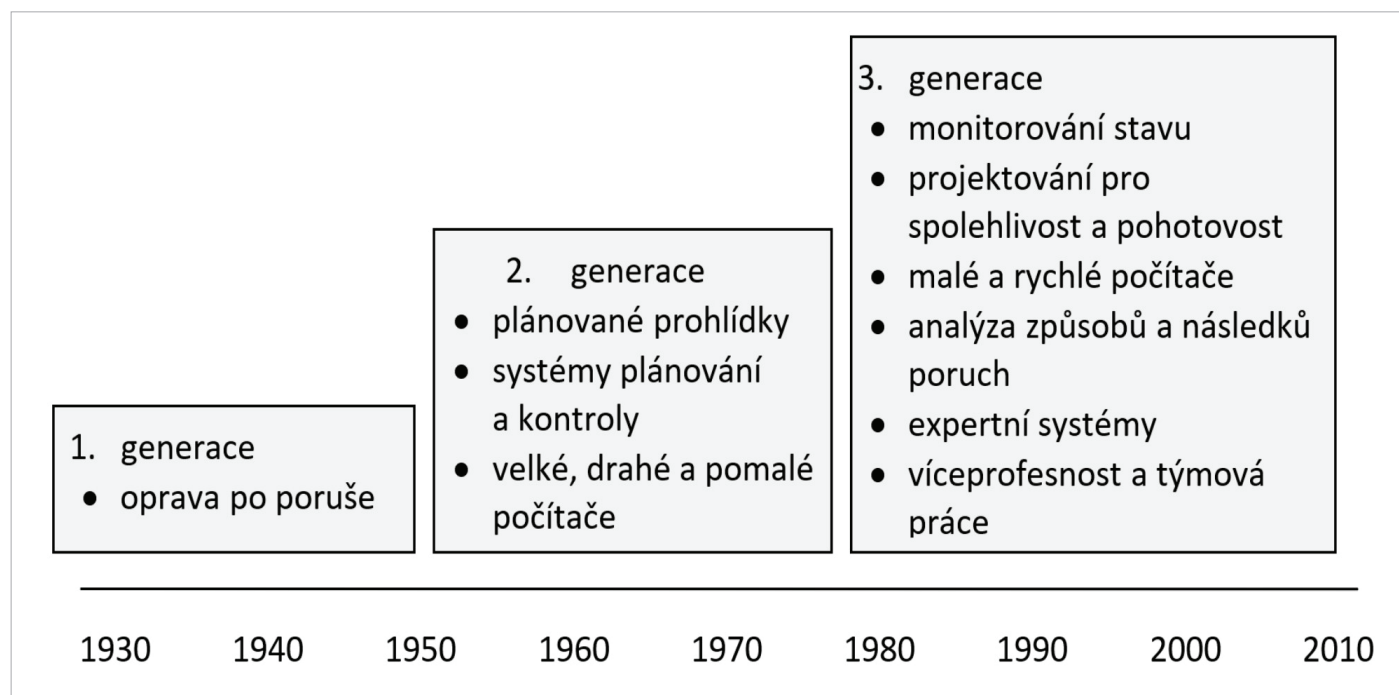
- PREVENTIVNOST (provedení v pravý čas - v předstihu)
- PROAKTIVNOST (hledání příčinnosti poruchy)
- PRODUKTIVNOST (je nedílnou součástí výroby, tzn. řešení produktivity)

Nyní je již nutné uvést zřejmý řetězec – provozní spolehlivost je zajišťována údržbou, která má řadu základních nástrojů a ke klíčovému patří – technická diagnostika (TD), riziková analýza, tribologie a tribotechnika, atd.

2.2 Věcný obsah systému údržby

Měl by být všeobecně známý fakt, že údržba má z pohledu svého obsahu tři základní části [1]. Pak nám vychází následující vztahy a souvislosti mezi údržbou a např. technickou diagnostikou (TD), již zmíněným jedním základním nástrojem údržby.

- Autonomní údržba – TD nám ohodnocuje kvalitu a způsob mazání, dodržování zásad správného provozu apod., měla by být prováděna obsluhou stroje.



Obr. 1: Vývoj typů a nástrojů údržby.

- Opravy – TD zde především zasahuje jako zjištění technického stavu před opravou (rozsah prací) a zjištění kvality provedené opravy (výstupní kontrola), provádí útvary k tomu určené.
- Kontrolně inspekční a revizní činnost (prohlídky) - tzn. provádění prohlídek, které mají charakter subjektivní (vizuální prohlídky odborníků) a charakter objektivní, tzn. prohlídky prováděné objektivními metodami TD s danou jistotou rozhodnutí, provádí odborní a profesně certifikovaní pracovníci (revizní technici).

A jsme u termínu metody zmíněné v úvodu, z pohledu managementu údržby, tzn. z pohledu efektivnosti manažerské práce a následné harmonické integrace do jednoho celku (výroba → údržba, tzn. synergie) známé jako „Integrovaný management údržby“, resp. ve světě AM a FM.

2.3 Ideový přístup k řešení systému údržby

Ideový (rozumový, myšlenkovitý) přístup k řešení systému údržby je svým způsobem dán vývojem v čase, jak je zřejmé z obrázku č. 1. Z daného obrázku je patrné, že řešení systému údržby je odvislé od provozního nasazení [4]. První generace je nejznámější pod termínem – po poruše, ale také jako mimořádná či neplánovaná oprava, reaktivní či korektivní údržba.

Druhá generace jako preventivní či plánovaná údržba je postavená na časových, resp. dalších možných pravidelných intervalech. Třetí generace, nejvíce známá pod termínem prediktivní údržba, je postavená na následujícím přístupu - když dokážu něco změřit, mohu prohlásit, že o tom něco vím, tzn. nasazení metod technické diagnostiky ke zvýšení jistoty rozhodnutí o technickém stavu objektu včetně určení zbytkové životnosti (času do nutné opravy); jinak se také používá termín prognostická údržba.

2.4 Základní legislativa údržby

Účelem této podkapitoly není vyčerpávajícím způsobem citovat celou legislativu, nýbrž poukázat na ty základní oblasti legislativy týkající se údržby. Na úrovni výrobních společností se jedná o firemní interní předpisy, tj. směrnice, pracovní a technologické instrukce, návody, podnikové normativy apod. Právně závazné předpisy, tj. zákony, prováděcí předpisy, nařízení vlády, vyhlášky apod., jsou vydávány státní správou v listinné podobě formou Sbírky zákonů. Vymezují výrobní společnosti právní rámec pro výkon hlavního poslání jak vnitřně, tak navenek, a v textu jsou vždy brány v aktuálním znění. Relativně samostatnou kapitolou jsou technické normy.

Údržba a vnitropodnikové předpisy

Vnitropodnikové předpisy definují procesy v rámci výrobní společnosti s ohledem na aplikovaný způsob řízení a organizační uspořádání. Útvary údržby pak jsou centralizovány, decentralizovány, kombinovány, outsourcovány apod. na zásadě oblastí činnosti a procesního řízení. Procesní řízení by mělo respektovat výrobu a podnikatelskou strategii.

Údržba a zákoník práce

Zákoník práce 262/2006 Sb. je stěžejním právním předpisem v české legislativě i z pohledu provozu a údržby strojů. Jsou zde požadavky na bezpečnost a ochranu zdraví při práci,

z čehož vyplývají požadavky na zachování provozní funkčnosti technických zařízení a zajištění jejich provozní bezpečnosti. Technická zařízení z pohledu kritičnosti se v základní jednoduché podobě rozdělují na vyhrazená a ostatní zařízení.

Na zákoník práce z pohledu povinnosti péče o bezpečnost provozu navazuje vyhláška ČÚBP (Český úřad bezpečnosti práce) č. 48/1982 Sb. o základních požadavcích k zajištění bezpečnosti práce a technických zařízení. Konkrétní povinnosti provozovatele na plánování a realizaci údržby ukládá nařízení vlády č. 101/2005 Sb. o podrobnějších požadavcích na pracoviště a pracovní prostředí a zákon č. 309/2006 Sb. o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci, kde nacházíme zmínku o povinnosti provozovatele zajišťovat údržbu. Kvalitu a věcnou náplň průvodní a provozní dokumentace najdeme v nařízení vlády č. 378/2001 Sb. Obecné technické požadavky na výrobky deklaruje zákon č. 22/1997 Sb., známý pod termínem prokazování shody.

Bezpečnostně rizikovější zařízení, tzv. vyhrazená zařízení, pro něž je určen i výkon státního dozoru nad bezpečností a způsobem provozování, má své právní vymezení v zákoně č. 174/1968 Sb. o státním odborném dozoru nad bezpečností práce a v zákoně 251/2005 Sb. o inspekci práce. Pro vyhrazená zařízení (elektrická, plynová, zdvihadla, tlaková) je důležitá tato legislativa.

- Elektrická zařízení – vyhláška č. 73/2010 Sb. MPSV ČR o stanovení vyhrazených elektrických zařízení a vyhláška č. 50/1978 Sb. vyhláška ČÚPB a ČBÚ o odborné způsobilosti v elektrotechnice.
- Plynová zařízení – vyhláška č. 21/1979 Sb. ČÚBP, která určuje vyhrazená plynová zařízení a podmínky jejich provozu a vyhláška č. 85/1978 Sb. ČÚBP o kontrolách, revizích a zkouškách plynových zařízení
- Tlaková zařízení – vyhláška č. 18/1979 Sb. ČÚBP, kterou se určují vyhrazená tlaková zařízení a stanoví některé podmínky k zajištění jejich bezpečnosti a nařízení vlády č. 20/2003 Sb. o stanovení požadavků na jednoduché tlakové nádoby.
- Zdvihací zařízení – vyhláška č. 19/1979 Sb. ČÚBP, která určuje vyhrazená zdvihací zařízení a stanoví některé podmínky.

Údržba a pořizování majetku

Za stavbu je označováno stavební dílo jako celek, bez ohledu na její technické provedení, účel, užití a životnost. Pak je logické, že klíčovým zákonem pro oblast pořizování investičního majetku je tzv. stavební zákon č. 183/2006 Sb. o územním plánování a stavebním řádu. Důležitou skutečností je, že u výkonu údržby je nutno zvažovat i finanční aspekty opravy, tzn. nejedná-li se již o významné technické zhodnocení – zákon č. 563/1991 Sb.

Údržba a technické normy

ČSN EN 13 306: 2002 – Údržba - Terminologie údržby

ČSN EN 15 341: 2011 – Údržba – Klíčové ukazatele výkonosti“. Norma ponechává na uživateli, které ukazatele budou používat, což může komplikovat možnosti srovnání, tzn. pokud nebudou používat stejné ukazatele. Již zmíněné tři skupiny jsou následující:

- ekonomické ukazatele (čas/peníze, peníze /peníze),
- technické ukazatele (čas/čas, počet/čas, čas/počet),
- organizační ukazatele (např. osoby/osoby atd.).

ČSN EN 13460: 2009 – Údržba - Dokumentace údržby.

- Dokumenty z etapy přípravy – příručka údržby (vyhledávání a odstraňování závad, diagramy příčin a následků, požadované nástroje, atd.), mazací plán (pracovní postup, apod.), zpráva o programu zkoušek (jiné fyzikální vlastnosti aj.) a další.
- Dokumenty z etapy provozu – diagram příčin a následků (podle pořadí důležitosti a následku), chronologický záznam parametrů (zjištěných během určitého období), regulační diagram MTBF-MTTR (statistické informace u klíčových objektů), záznamový list o pohotovosti a používání objektu (využití a zajištění), postup řízení činnosti údržby (zprávy o údržbě), postupy pro monitorování a zkoušení objektů během nepoužitelného stavu a během provozu, a další.
- Informace uvedené v pracovním příkazu – interval údržby, příčina poruchy a další.

ČSN EN 15628:2015 Údržba – Kvalifikace pracovníků údržby.

EN 13269: 2006 – Návod na přípravu smluv v údržbě.

ČSN EN ISO/IEC 17024: 2013 – Posuzování shody. Všeobecné požadavky na orgány pro certifikaci osob.

ČSN EN ISO 9000/1400 a ČSN OHSAS 18000 pro potřeby zavádění procesního řízení včetně údržby do řídicího procesu výrobní společnosti.

Údržba a další předpisy

Jedná se o právní předpisy, kde údržba může mít vazby a provázanost. Pokud je údržba provozována jako živnost, tak požadavky odborné způsobilosti jsou dány zákonem č. 455/1991 Sb. o živnostenském podnikání. Velké opravy spojené s konstrukční inovací mohou vyvolat posouzení vlivu její činnosti na životní prostředí, EIA je dána zákonem č. 100/2001 Sb. Údržby se může týkat v oblasti technických zařízení i zákon č. 76/2002 Sb. o integrované prevenci, zákon č. 254/2001 Sb. o vodách a zákon č. 59/2006 Sb. o prevenci závažných havárií způsobených nebezpečnými chemikáliemi, kde je pozice údržby jednoznačně vymezena.

Údržba a legislativa při činnosti prováděné hornickým způsobem

Pro provoz a údržbu zařízení při HČ (hornické činnosti) a ČPHZ (činnosti prováděné hornickým způsobem) jsou následně uvedeny základní vybrané vyhlášky a normy, z kterých vychází vše další potřebné, např. technologické postupy, vnitřní předpisy a pravidla bezpečné práce, apod. Je to např.

1. Vyhláška ČBÚ (Český báňský úřad) č. 26/1989 Sb., o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při hornické činnosti a při činnosti prováděné hornickým způsobem na povrchu, ve znění vyhlášky ČBÚ č. 340/1992 Sb., vyhlášky ČBÚ č. 8/1994 Sb., vyhlášky ČBÚ č. 236/1998 Sb., vyhlášky ČBÚ č. 434/2000 Sb., vyhlášky č. 142/2004 Sb., vyhlášky č. 298/2005 Sb. a vyhlášky č. 240/2009 Sb.

2. Vyhláška č. 22/1989 Sb., o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při hornické činnosti a při dobývání nevyhrazených nerostů v podzemí, ve znění vyhlášky ČBÚ č. 477/1991 Sb., vyhlášky ČBÚ č. 340/1992 Sb., vyhlášky ČBÚ č. 3/1994 Sb., vyhlášky ČBÚ č. 54/1996 Sb., vyhlášky ČBÚ č. 109/1998 Sb., vyhlášky ČBÚ č. 434/2000 Sb., vyhlášky ČBÚ č. 330/2002 Sb., vyhlášky č. 141/2004 Sb., vyhlášky č. 298/2005 Sb., vyhlášky č. 282/2007 Sb., vyhlášky č. 361/2009 Sb., vyhlášky č. 35/2010 Sb. a vyhlášky č. 176/2011 Sb.

3. Vyhláška č. 392/2003 Sb., o bezpečnosti provozu technických zařízení a o požadavcích na vyhrazená technická zařízení tlaková, zdvihací a plynová při hornické činnosti a činnosti prováděné hornickým způsobem, ve znění vyhlášky č. 282/2007 Sb. a vyhlášky č. 75/2017 Sb.

4. Vyhláška ČBÚ č. 75/2002 Sb., o bezpečnosti provozu elektrických technických zařízení používaných při hornické činnosti a činnosti prováděné hornickým způsobem, ve znění vyhlášky ČBÚ č. 381/2012 Sb.

5. NPD (Norma povrchového dobývání) 26 3404: Provoz, údržba a opravy – zařízení DPD (dálkové pásové dopravy).

6. NPD 27 7016:2008 Provoz, údržba a opravy velkostrojů.

Citované je, jak už byla zmínka, doslova minimálním základem, vynecháváme nejen např. normy týkající se konstrukce ocelových lan pro těžební stroje, maziv apod., ale také další řadu vyhlášek a nařízení ČBÚ a OBÚ.

2.5 Bezpečnost technických systémů, bezpečnost práce a management technických rizik

Bezpečnost technických systémů (BTS) je neodmyslitelnou součástí existence každé výrobní společnosti [1,2]. Evropská agentura pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci (Agentura EU-OSHA) v rámci kdysi proběhlé kampaně „Safe maintenance – Bezpečná údržba“ jednoznačně deklarovala – údržba je základem pro eliminaci ohrožení v pracovním prostředí a vytváření bezpečného pracovního prostředí. Problematika BOZP a BTS (Safety) a občanské bezpečnosti (Security) je vzhledem k jejich postavení ve společnosti obsahem evropské legislativy. Základním právním rámcem BOZP v EU je směrnice Rady č. 89/391/EHS, a č. 89/392/ES kde je zdůrazňováno, že se jedná o cíl nepodléhající čistě ekonomickým úvahám.

V BTS a BOZP existují dva hlavní soubory povinností, vůči pracovníkům a vůči zaměstnavateli. Je proto logické, že musí také existovat požadavky na bezpečnost strojů a zařízení. Bezpečnost je tedy vlastnost vyjadřující schopnost objektu být v takovém stavu, kdy je riziko ohrožení života a zdraví lidí, životního prostředí a poškození vlastního nebo cizího majetku sníženo na přijatelnou úroveň. Pak při zkoumání faktorů bezpečnosti z pohledu řízení údržby se zaměřujeme na následující tři oblasti.

- rizika související s činností údržby, která mají vliv na BTS a BOZP ve výrobní společnosti,
- rizika vyplývající z chybně provedené a zanedbané údržby, která mají dopad na bezpečnost zaměstnanců,
- rizika vyplývající z chybně provedené a zanedbané údržby, která mají dopad přesahující rámec výrobní společnosti.

Z pohledu nejzákladnější terminologie je nutno rozlišovat:

- nebezpečí je vlastnost objektu způsobit neočekávaný negativní jev (latentní vlastnost objektu),
- ohrožení je možnost aktivizace nebezpečí (aktivní vlastnost objektu),
- riziko je akceptovatelná forma dané činnosti, tzn. vědomé možnosti vyskytnutí jevů a jejich rozsahu.

V systému pak mluvíme o řetězci stroj – člověk – prostředí, resp. o kultuře bezpečnosti, tedy souhrnu všech lidských činností, které tvoří podmínky pro bezpečnou práci či bezpečný život.

Existují dvě hlavní kategorie postupů analýzy rizika, které se liší způsobem vyjádření veličin, s nimiž se v analýze rizik pracuje. Jedná se o kvantitativní a kvalitativní metody vyjádření veličin.

- Kvalitativní analýza se používá k popisu rozsahu možných následků a pravděpodobností, že se tyto následky přihodí.
- Kvantitativní analýza se vyjadřuje v číselných hodnotách, které používá, oproti popisným škálám uplatňovaným v kvalitativních a semikvantitativních analýzách, pro následky jejich pravděpodobnosti.

Metody analýzy rizika je možné dále dělit podle hodnocení přístupu k působení rizika, a to ve smyslu předcházení riziku a nebezpečné situaci nebo řešení a šetření nastalých nebezpečí. Dělí se na metody dedukce a metody indukce:

- metody indukce, tzv. proaktivní metody, umožňují předvídat možnou poruchu zařízení v ucelené provozní sestavě, přičemž analýza rizik poukazuje na okolnosti, které by mohly poruchy zapříčinit; pomáhají vyhodnotit počet a následky poruch a přijmout vhodná preventivní opatření,
- metody dedukce, tzv. reaktivní metody, analyzují nehody, které se již v praxi vyskytly a hledají události a souvislosti, které je zapříčinily.

Pro analýzu a hodnocení rizik je v současné době k dispozici řada metodik a v dnešní době i softwarových nástrojů. Z pohledu znalostí v dané problematice je třeba konstatovat, že většina metodik pro stanovení rizik předpokládá absolutní bezchybnost projektu a omezuje se jen (nebo téměř výhradně) na kontrolu jeho dodržení. Každá metoda analýzy rizik je tedy pouze informační nástroj, inteligence člověka zůstává nezastupitelná a stejně tak jeho rozhodnutí. Jen pro zvýšení obraznosti uvádíme:

- Analýza pomocí kontrolních záznamů - CLA (Check List Analysis)
- Rutinní testy – RT (Routine Tests)
- Bezpečnostní audit - SA (Safety Audit)
- Co se stane, když... - WFA (What if Analysis)
- Úvodní analýza nebezpečí – PHA (Preliminary Hazard Analysis)
- Studie nebezpečnosti a provozuschopnosti - HAZOP (Hazard and Operability Study)
- Analýza dopadů poruch a jejich následků - FMEA, FMECA (Failure Modes, Effects and Criticality Analysis)

Analýza vlivů poruch a jejich následků (FMEA) hodnotí možné poruchy zařízení a jejich vlivy na technologický proces, ke kterým může dojít na různých úrovních – systém, subsystém, komponenty. Používá se k identifikaci možností druhu poruch jednotlivých zařízení a systémů. Může být rozšířena o četnost výskytu poruch nebo o jejich pravděpodobnost – FMECA. Jejím principem je zkoumání každého dílu systému a zodpovězení následujících otázek: Jak se může prvek poškodit? Co se může stát, když se prvek poškodí? Závěrečným krokem při této analýze je studium kritičnosti poruch, přičemž se vybírají ty případy poruch, které jsou nejzávažnější (katastrofická, kritická, okrajová, zanedbatelná).

- Analýza stromu poruchových stavů - FTA (Fault Tree Analysis)
- Analýza stromu událostí - ETA (Event Tree Analysis)
- Analýza rizik - HAZAN (Hazard Analysis)
- Analýza stromem nebezpečí či událostí - HTA (Hazard Tree Analysis), ETA (Event Tree Analysis)
- Analýza vztahu příčina-následek - CCA (Cause Consequence Analysis)
- Posuzování bezporuchové činnosti člověka – HRA (Human Reliability Analysis)
- Markovova analýza – MA (Markov Analysis)
- Matice následků a pravděpodobnosti (Consequence/probability matrix)

Je prostředek, jak kombinovat kvalitativní nebo semikvantitativní klasifikaci následků pravděpodobnosti s cílem vytvoření klasifikací rizika. Na jedné ose matice je následek a na druhé pravděpodobnost – obrázek č. 2.

- SWOT analýza
- Relativní hodnocení – RERA (Relative ranking)
- Rychlé hodnocení - RR (Rapid Ranking)
- Kvantitativní analýza rizika chemických procesů – CPQRA (Chemical Process Quantitative Risk Analysis)
- Analýza nebezpečí a kritické kontrolní body – HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points)
- Analýza kořenových příčin – RCFA někdy RCA (Root Cause/Failure Analysis)
- Analýza rozhodovacího stromu – DTA (Decision Tree Analysis)
- Simulace Monte Carlo (Monte Carlo Simulation)
- Analýza nákladů a přínosů – CBA (Cost/Benefit Analysis)
- ABC analýza

Moderní filosofie v rámci BOZP musí tedy jednoznačně vycházet z aplikace tzv. integrovaných systémů řízení (managementu). Řečeno jinými slovy propojit systémy kvality, bezpečnosti, environmentu, správy majetku atd. Metodologicky pak musíme vycházet z tzv. Demingova cyklu řízení a zlepšování procesů PDCA.

- P – PLÁNUJ (Plan), určení cíle, popis procesů a kontrolních bodů k dosažení deklarovaných výsledků.
- D – DĚLEJ (Do), udělat návrhy podle plánu, řídit výrobu a službu.
- C – KONTROLUJ (Check), monitorování a měření procesů ve vztahu k požadavkům.
- A – JEDNEJ (Act), taková opatření, aby bylo zabezpečeno neustálé zlepšování výkonnosti.

Klasifikace možností výskytu	E	IV	III	II	I	I	I
	D	IV	III	III	II	I	I
	C	V	IV	III	II	II	I
	B	V	IV	III	III	II	I
	A	V	V	IV	III	II	II
		1	2	3	4	5	6
		Klasifikace následků					

Obr. 2: Příklad části matice kritérií pravděpodobnosti [ČSN EN 31010].

Pro vlastní vyjádření kategorizace a kritickosti technických systémů a poruch se používá kvalitativní nebo kvantitativní forma. Při kvalitativní formě se pak mluví o úzkoprofilových (kritických, klíčových, úžinových), běžných a pomocných strojích a zařízeních. Kvantitativní vyjádření může být jednoparametrické či víceparametrické. Nejčastěji následuje rozdělení kritičnosti do skupin podle Paretovy analýzy (skupiny A, B, C), nejvyšší kritickost má skupina A. Následně využíváme Paretova pravidla (vyhodnocení četnosti poruch), známého také z pohledu udržitelnosti pod vyjádřením 80/20, obecně tzn., že 80 % událostí má 20 % příčin, což v aplikaci na údržbu znamená - „Pokud údržbou perfektně obsloužím 20 % svého výrobního zařízení, vyřeším 80 % nepříjemností, které mohou vlivem nesprávné údržby nastat“. Dané se vyjadřuje tzv. Lorenzovou křivkou.

2.6 Hodnocení výkonnosti údržby a její ekonomika

Hodnocení se provádí na základě provedení auditu údržby. Vzhledem k tomu, že daná problematika je na samostatnou přednášku, tak pouze heslovitě uvedeme, co vše by měl řešit kompaktní (komplexní) audit údržby.

1. Benchmarking údržby (porovnání), viz již uvedená norma ČSN EN 15 341: 2011 – Údržba – Klíčové ukazatele výkonnosti.
2. Outsourcing údržby, tzn. řešení zajišťování výkonů, které nepatří mezi klíčové schopnosti auditované firmy.
3. Locators study údržby, jedná se o klasickou studii využití pracovníků údržby, resp. snímek pracovního dne, který mapuje, jak je zřejmé, skutečné pracovní využití a vytížení pracovníků údržby.

4. Kvalita (jakost) managementu údržby.

5. Hodnocení využití metod rizikové analýzy.

6. Hodnocení využití kvantifikačních ukazatelů údržby, viz již uvedená norma ČSN EN 13460: 2009 – Údržba - Dokumentace údržby.

Jak byla v úvodu zmínka, údržba je procesem značně rozporuplným. Proto je logické, že při zajišťování údržby vždy řešíme:

- zajištění únosných nákladů na potřebnou a nutnou údržbu na straně jedné,
- minimalizace prostojů výrobních zařízení na straně druhé,

tzn. i údržba má své ekonomické dimenze. Poměr nákladů a výnosů u údržby nebývá na první pohled zřejmý. Je sice pravdou, že přímé náklady se dají snadno vypočítat, zatímco vliv úrovně údržby na poruchy, prostoje, snížení kvality výroby apod. je těžko měřitelný, proto skutečný stav poměru mezi náklady a přínosy bývá velmi zkreslený. Z těchto důvodů by se v údržbě mělo mluvit o tzv. technicko-organizačním přínosu, který vyvolá ekonomický přínos. Takže nikoho určitě nepřekvapí, že se jednoznačně uvádí, že pro skutečné náklady na údržbu platí - 7/8 nákladů je skryto, resp. jsou obtížně měřitelné a mají vysoký vliv na zisk, což je někdy také uváděno jako princip ledovce (většina je skryta). Samozřejmě je snaha o využívání jakéhosi vše zahrnujícího ukazatele - CELKOVÁ ÚČINNOST ZAŘÍZENÍ (CEZ NEBO CÚZ) anglicky OEE (Overall Equipment Effectiveness). Vztah pro výpočet tohoto ukazatele je následující.

$$CEZ = \text{míra využití} \times \text{míra výkonu} \times \text{míra kvality}$$

Nejpoužívanější a nejrozšířenější je tento ukazatel v severských státech Evropy. Nalezneme, že 1% zlepšení CEZ je ekvivalentní úspoře 5 – 20% nákladů na údržbu.

2.7 Vzdělání a kvalifikace v údržbě

Když vynecháme kvalifikaci, resp. již citovanou normu ČSN EN 15628:2015 Údržba – Kvalifikace pracovníků údržby, tak několik poznámek k možnostem vzdělávání v údržbě. Technické vzdělání musí v obecné rovině respektovat požadavky doby a kvalitu přípravy při výchově lidských zdrojů. Řešení této oblasti je pak postaveno na dvou základních pilířích:

- vzdělávání v dané problematice včetně vysokoškolské úrovně,
- certifikaci profesní způsobilosti v oboru, tzn. řešení kvalifikace pracovníků údržby v souladu s odpovídajícími normami.

Není nám známo, že by některá střední škola byla zaměřena jen na problematiku údržby. Samozřejmě jsou zde vyučovány předměty související s provozem a údržbou strojů, což platí také i u vysokých škol, ale např. na TF ČZU v Praze najdeme specializaci „Inženýr údržby“, na FS VŠB – TU Ostrava zase „Technická diagnostika, opravy a udržování“. Pilířem vzdělávání v problematice údržby jsou pak profesní, resp. zapsané spolky – Česká společnost pro údržbu, z.s. a Asociace technických diagnostiků České republiky, z.s. [3]. V portfoliu těchto profesních spolků najdeme např. následující vzdělávací aktivity – Manažer údržby, Mistr údržby, Technik údržby apod., ale také odborné konference typu Údržba pro TOP manažery, ÚDRŽBA xxxx (ČSPU, z.s.), získání profesního certifikátu k výkonu funkce Technik diagnostik – tribodiagnostik, specialista vibračních měření, termografie, montážních a optických měření, elektrických zařízení, ale také semináře jednotlivých profesí, konference DIAGO xxxx, Tribotechnika v provozní praxi apod. (ATD ČR, z.s.).

3 Dílčí závěry

Jak je z výše uvedeného textu zřejmé, pokusili jsme se formou poznámek nastínit jen některé aspekty a nástroje údržby jako systému. Věnovat se všem je podle nás na několik knižních publikací. Uvědomujeme si, že není zmínka o tribologii a tribotechnice, metodách technické diagnostiky, demontážních a montážních postupech, nasazení informačních technologií do údržby, atd. I přes tento fakt se pokusíme naformulovat některé dílčí závěry vyplývající z uvedeného textu. Vzniká jednoznačný řetězec.

BEZPEČNOST → KVALITA → PROVOZNÍ SPOLEHLIVOST (nástrojem je údržba) → VLASTNOSTI TECHNICKÉHO SYSTÉMU » BEZPEČNOST TECHNICKÉHO SYSTÉMU (BTS)

Při plném uvědomění si:

- Údržba je prostředkem k ovládnutí a snižování rizika provozu ve všech důsledcích.
- Údržba je základem pro eliminaci ohrožení v pracovním prostředí a vytváření bezpečného pracovního prostředí.
- Údržba je procesně systémová technická činnost a musí být doslova „šitá na míru“ výrobnímu procesu.

V souvislosti s činností údržby se aplikují systémy řízení rizika provozu na:

- rizika vzniklá po dobu výkonu údržby v celé šíři a komplexnosti obsahu,
- rizika vycházející ze strategie a trendů systémů údržby,
- rizika v důsledku nedostatečné a špatné údržby,

a při respektování následujících humánních rizik by také mělo platit:

- technický systém musí bezpodmínečně respektovat kvalifikaci operátora (obsluhy) a schopnosti personálu údržby,
- příručka údržby (návod na obsluhu a údržbu) musí obsahovat zůstatková rizika a všechna ohrožení jak za provozu, tak při údržbě,
- návrhy na činnost údržby musí odpovídat možnostem uživatele, jinak řešit outsoursovanou údržbou (výrobce či specializovaná firma),
- výkonná a technická část údržby musí mít prokazatelné znalosti a zručnost v potřebných údržbářských technologiích.

4 Závěry

Údržba v podobě procesně technické činnosti, resp. jak často zkracujeme do termínu „šitá na míru“ danému výrobnímu procesu, je podmínkou nutnou, ne pouze postačující, aby naplnila tři základní cíle z pohledu zájmu provozovatele strojů a zařízení při plném uvědomění si, že údržba vždy byla a bude zatížena určitou neurčitostí, kterou lidský faktor povyšuje. Přesto strategie správné a chytré údržby vede k:

- zajištění provozní spolehlivosti, provozuschopnosti a zvýšení životnosti,
- zajištění integrální systémové bezpečnosti provozu strojů a zařízení včetně ochrany a bezpečnosti pracovníků,
- zajištění, resp. snížení pravděpodobnosti havárie, předcházení haváriím i při kritických provozních podmínkách se všemi možnými a představitelnými důsledky.

Pak nám už zbývá jen na závěr připomenout, že řešení provozní spolehlivosti se všemi představitelnými aspekty provozu strojů a zařízení začíná již v první fázi technického života technického objektu, tzn. vývoji, projektu a konstrukci, pokračuje přes výrobu a montáž a končí při vlastním provozu.

Literatura

- [1] HELEBRANT, F., FRIES, J.: Machines maintenance from point of view of present procedural understanding maintenance. In.: 13th International symposium on mine planning and equipment selection – MPES 2004, Wroclaw 2004, A. A. Balkema Publisher London 2004, p. 377 – 381, ISBN 04–1535–937–6.
- [2] HELEBRANT, F., FRIES, J., BUT, A.: Machines Maintenance from Point of View of Present Procedural Understanding Maintenance. In.: Academic Journal of Manufacturing Engineering, Volume 2, Numer 4/2004, Editora Politechnica University of Timisiora, p. 27–32, ISSN 1583–7904.



- [3] HELEBRANT, F., DEDRLE, J.: Profesní certifikace v ATD ČR, o.s. In Economics and Organization of Enterprise 5/2009, Institute of Organization and Management in Industry „ORGMASZ“, s. 73, CD s. 237-239, ISSN 0860–6846.
- [4] VOŠTOVÁ, V., HELEBRANT, F., JEŘÁBEK, K.: Provoz a údržba strojů, II. část, Údržba strojů. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-01-02531-4.