

Bezpečnostní technologie ke snížení rizika výbuchu při dopravě paliva v tepelných elektrárnách

Integration of Security Technology with Control Systems in Power Engineering

Jiří Soukup

Bakalářská práce
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jiří SOUKUP**
Osobní číslo: **A08151**
Studijní program: **B 3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**

Téma práce: **Bezpečnostní technologie ke snížení rizika výbuchu při dopravě paliva v tepelných elektrárnách**

Zásady pro vypracování:

1. **Pojednejte o současném stavu v oblasti dopravy paliva v tepelných elektrárnách.**
2. **Identifikujte příčiny a proveďte analýzu rizik vzniku výbuchu a požáru při dopravě paliva.**
3. **Analyzujte možnosti využití technických prostředků ke snížení rizika výbuchu a požáru.**
4. **Navrhněte technická a režimová opatření ke snížení rizika výbuchu.**
5. **Pojednejte o vývojových trendech v oblasti zvýšení bezpečnosti procesu dopravy paliva.**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. KŘEČEK Stanislav. Příručka zabezpečovací techniky. 3. vyd. Praha: Critetus, 2006. 315 s. ISBN 80-902938-2-4.
2. UHLÁŘ, J. Technická ochrana objektů II. [učební text]. 1. vyd. Praha: Policejní akademie České republiky, 2005. 230 s. ISBN 80-7251-189-0.
3. KINDL, J. Projektování bezpečnostních systémů I. [skriptum]. 2. vyd. Zlín: UTB, 2007. ISBN 978-80-7318-554-1.
4. Začínáme s EZS. Třebíč: Variant plus, 2005. 36 s.
5. ČSN EN 50131-1 ed. 2. Poplachové systémy – Poplachové zabezpečovací a tísňové systémy – Část 1: Systémové požadavky. Praha: ÚNMZ, 2007.
6. ČSN EN 54-1. Elektrická požární signalizace – Část 1: Úvod. Praha: ÚNMZ, 1997.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jan Valouch, Ph.D.

Ústav bezpečnostního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

25. února 2011

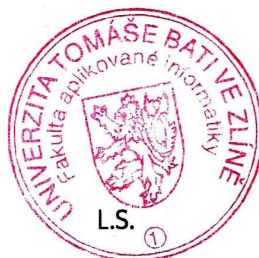
Termín odevzdání bakalářské práce:

23. května 2011

Ve Zlíně dne 25. února 2011

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.

děkan



doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.

ředitel ústavu

ABSTRAKT

Hlavním tématem této bakalářské práce je problematika snižování nebezpečí vzniku výbuchu a případného požáru dopravovaného uhelného paliva v tepelných elektrárnách. Úvodní část se zabývá významem tepelných elektráren a seznámením s touto technologií se zaměřením na dopravu paliva. Dále následuje analýza příčin vedoucích ke vzniku výbušného prostředí a analýza možností využití technických prostředků ke snížení uvedených rizik. Stěžejním výstupem práce je návrh doporučení technických prostředků a režimových opatření vedoucích ke zvýšení bezpečnosti technologie dopravy uhelného paliva. V závěru jsou uvedeny vývojové trendy v dané oblasti.

Klíčová slova: Bezpečnost, elektrická energie, tepelná elektrárna, analýza rizik, palivo, výbuch, EPS, I&HAS, CCTV.

ABSTRACT

The main objective of this bachelor thesis is to explore the possibilities related to reducing the risks of explosion and a contingent fire during coal transportation in thermal power stations. The introductory part deals with the importance of thermal power stations and familiarization with their technology with a focus on fuel transportation. The second part analyses the causes of explosions and examines possible safety precautions that could be applied in the technology processes in order to reduce those risks. The key outcome of the thesis is a recommendation of technical means and work regime precautions that would lead to increased security of technology processes which are applied during coal transportation. New trends in development in the given area are presented in the conclusion of the thesis.

Keywords: safety, electrical energy, thermal power station, risk analysis, fuel, explosion, EPS, I&HAS, CCTV.

Děkuji tímto svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Janu Valouchovi Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a připomínky, které mi poskytoval během konzultací. Děkuji také svým spolupracovníkům Ing. Aleši Trdlicovi a Radkovi Smolinkovi za praktické rady a umožnění bližšího seznámení s popisovanou problematikou.

Zvlášť chci poděkovat celé své rodině za trpělivost a podporu, kterou mi projevovala v průběhu mého studia.

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....
Podpis diplomanta

OBSAH

ABSTRAKT	4
ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
1 MOŽNOSTI VÝROBY ELEKTRICKÉ ENERGIE	12
1.1 TEPELNÉ ELEKTRÁRNY	12
1.2 JADERNÉ ELEKTRÁRNY	12
1.3 VODNÍ ELEKTRÁRNY	13
1.4 VĚTRNÉ ELEKTRÁRNY	13
1.5 SLUNEČNÍ ELEKTRÁRNY	13
1.6 GEOTERMÁLNÍ ELEKTRÁRNY	14
2 KONCEPCE TEPELNĚ ENERGETICKÝCH ZAŘÍZENÍ	16
2.1 TEPELNÁ ELEKTRÁRNA.....	16
2.2 TEPLÁRNA	17
2.3 KOGENERAČNÍ JEDNOTKA.....	18
2.4 TEPLÁRNA OTROKOVICE A.S. (TOT) - POPIS TECHNOLOGIE.....	18
3 PROBLEMATIKA TĚŽBY, DOPRAVY A SPALOVÁNÍ UHLÍ	20
3.1 VÝHODY UHELNÉ ELEKTRÁRNY	21
3.2 NEVÝHODY UHELNÉ ELEKTRÁRNY	21
3.3 DOPRAVA UHLÍ	22
3.4 DOPRAVA A ZPRACOVÁNÍ PALIVA V TOT A.S.	24
3.5 PŘÍPRAVA UHELNÉHO PALIVA V TOT A.S.	25
4 CHARAKTERISTIKA UHLÍ	27
4.1 VZNIK UHLÍ.....	27
4.2 DRUHY UHLÍ	27
4.3 SLOŽENÍ UHLÍ.....	27
4.4 PODSTATA A PRINCIP HOŘENÍ - ZÁKLADNÍ POJMY	28
4.4.1 Hořlavá látka	28
4.4.2 Princip hoření	28
4.4.3 Výbuch.....	29
4.5 VÝBUCHOVÉ PARAMETRY HNĚDOUHELNÉHO PRACHU	30
II PRAKTICKÁ ČÁST	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
5 IDENTIFIKACE PŘÍČIN VZNIKU VÝBUCHU A POŽÁRU PALIVA	33
5.1 STANOVENÍ ZDROJŮ INICIACE	33
5.2 BEZPEČNOSTNÍ ANALÝZA OBJEKTU Z HLEDISKA VZNIKU VÝBUCHU A POŽÁRU	35
5.2.1 Vykládka a skládka paliva	35
5.2.2 Pásové dopravníky.....	37
5.2.3 Přesypy.....	38
5.2.4 Průmyslový vysavač	39
5.2.5 Zauhlovací bunkry	40
5.2.6 Řetězový podavač.....	41
5.2.7 Mlýnský okruh	41

5.2.8	Odsávání bunkrů.....	42
5.3	URČENÍ A ZAŘAZENÍ PROSTORŮ S NEBEZPEČÍM VÝBUCHU.....	43
6	ANALÝZA TECHNICKÝCH PROSTŘEDKŮ KE SNÍŽENÍ RIZIKA VÝBUCHU A POŽÁRU	47
6.1	LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY NA ZAŘÍZENÍ.....	47
6.2	TECHNICKÉ PROSTŘEDKY K OCHRANĚ PROVOZU.....	48
6.2.1	Preventivní technická opatření.....	48
6.2.1.1	Integrovaný identifikační systém kontroly vstupu.....	49
6.2.1.2	Kamerový systém.....	49
6.2.1.3	Elektrická požární signalizace.....	50
6.2.1.4	Stabilní hasící zařízení.....	50
6.2.1.5	Skrápěcí zařízení.....	50
6.2.2	Ochranná technická opatření.....	51
6.2.2.1	Odlehčení výbuchu.....	51
6.2.2.2	Potlačení výbuchu.....	52
6.2.2.3	Systém zhášení jisker.....	52
6.2.2.4	Zabránění přenosu výbuchu.....	53
6.2.2.5	Zabránění přenosu výbuchu - mechanické.....	54
6.2.2.6	Zabránění přenosu výbuchu - chemické.....	54
7	NÁVRH REŽIMOVÝCH A TECHNICKÝCH OPATŘENÍ.....	56
7.1	REŽIMOVÁ OPATŘENÍ.....	56
7.1.1	Optimalizace vykládky paliva.....	56
7.1.2	Efektivní režim zauhlování.....	57
7.1.3	Organizace práce.....	57
7.1.4	Kvalifikace pracovníků.....	57
7.1.5	Školení zaměstnanců.....	57
7.1.5.1	Dokumentace o ochraně před výbuchem.....	58
7.1.5.2	Preventivní a ochranná opatření.....	58
7.1.5.3	Instrukce ke kontrole přítomnosti výbušné atmosféry.....	58
7.1.5.4	Pokyny a příkazy k provedení práce.....	59
7.1.5.5	Používání osobních ochranných pracovních prostředků a pomůcek... 61	
7.1.6	Další opatření.....	61
7.2	TECHNICKÁ OPATŘENÍ.....	62
7.2.1	Hlubinný zásobník, dopravní pásy a přesypy.....	62
7.2.2	Napínací stanice (věže).....	62
7.2.3	Průmyslový vysavač.....	63
7.2.4	Odsávání bunkrů.....	64
7.2.5	Zauhlovací bunkry.....	64
7.2.6	Mlýnské okruhy.....	65
7.3	DALŠÍ TECHNICKÁ DOPORUČENÍ.....	65
7.3.1	Kamerový systém.....	65
7.3.2	Přístupový systém.....	65
8	VÝVOJOVÉ TRENDY V OBLASTI ZABEZPEČENÍ.....	66
8.1	DETEKTORY POŽÁRNÍCH PLYNŮ.....	66
8.1.1	Detektory GSME - L2/L3/HC - EX [15].....	66
8.2	DETEKTORY TEPLITY.....	67
8.2.1	Infračervený optický teplotní detektor ADICOS - HotSpot [15].....	68

8.2.2	Infračervený optický teplotní detektor DG - IR - 3C	69
8.3	DETEKCE ZVÝŠENÍ TLAKU	69
8.3.1	Snímač tlaku Dynamic Multi MEX - 3.2.....	69
8.4	ZAŘÍZENÍ K ZABRÁNĚNÍ PŘENOSU VÝBUCHU	70
8.4.1	Uzavírací armatura Ventex ESI - P	70
8.4.2	Uzavírací armatury Speed Wey HSI, DKZE APS, W - DS.....	70
8.5	ZAŘÍZENÍ K ODLEHČENÍ VÝBUCHU	71
8.5.1	Odlehčovací membrány Q - Rohr - 3 a Q - BOX.....	71
ZÁVĚR		72
ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ.....		74
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY		76
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....		78
SEZNAM OBRÁZKŮ.....		80
SEZNAM TABULEK		82

ÚVOD

Výroba¹ elektrické energie patří již po řadu let a obzvláště v současnosti mezi nejdůležitější odvětví jak v našem, tak v celosvětovém průmyslu. S jejím využitím se setkáváme denně a na každém kroku při jakékoliv činnosti při práci v zaměstnání, při odpočinku a zábavě, zkrátka vždy a neustále. Stejně tak se nedá opomenout výroba tepla, jehož potřeba a spotřeba se odvíjí od skutečnosti, zda se jedná o teplo pro průmyslové využití nebo o teplo pro vytápění a ohřev teplé vody pro obyvatelstvo. V každém případě se výroba uvedených energií řadí mezi významná a strategická odvětví.

Přestože existuje mnoho technologických způsobů výroby elektrické energie, zatím nejrozšířenější způsobem jsou tepelné elektrárny, kde dochází k přeměně energie spalováním uhlí. Vzhledem k tomu, že se uhlí spaluje převážně v prašné frakci, přináší to vedle spousty technologických problémů hlavně nebezpečí vzniku výbuchu a požáru, protože prašné prostředí je mnohem náchylnější ke vznícení, než prostředí s pevnými látkami. ***Podstatou vznícení je totiž určitá koncentrace jednotlivých částic paliva se vzduchem a tomuto vyhovuje nejvíce prašná forma. To z toho důvodu, že největší kontakt se vzduchem má mnohem větší množství mikročástic prachu, než např. jeden větší kousek uhlí.***

Protože pracuji v Teplárně Otrokovice a.s., jsem s problematikou dopravy a spalování tohoto druhu paliva obeznámen a chci touto prací přispět k řešení daného problému. Výstup práce může být využitelný jako podklad k dalšímu rozpracování při realizaci dopravy a zpracování uhelného paliva.

¹ Třebaže v textu používám slovo výroba, je třeba si uvědomit, že z fyzikálního hlediska energii vyrobit nelze, ale jen získat přeměnou z jiné energie, kterou máme kolem sebe. Jedná se o energii, která je uložena v tuhých palivech, energie potenciální v horském jezeru nebo přehradách, kinetická energie tekoucí vody v řece, jaderná energie, světelná energie, chemická energie atd.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 MOŽNOSTI VÝROBY ELEKTRICKÉ ENERGIE

Přeměny energie se dá dosáhnout různými způsoby, ať už jednoduššími či složitějšími, levnějšími nebo velmi nákladnými. Jednotlivé technologie výroby elektrické energie můžeme porovnávat i z hlediska dopadu na životní prostředí, což je v současnosti jedno z nejdiskutovanějších témat. Podle způsobu přeměny energie a použitých zdrojů energie rozdělujeme elektrárny na:

- tepelné elektrárny - spalovací proces,
- jaderné elektrárny - jaderná reakce (štěpení jader),
- vodní elektrárny - kinetická nebo potenciální energie vody,
- větrné elektrárny - kinetická energie větru,
- sluneční elektrárny - energie slunečního záření,
- geotermální elektrárny - tepelná energie zemského jádra.

1.1 Tepelné elektrárny

Princip spočívá ve spalování určitého druhu paliva (lehký topný olej, plyn, uhlí, rašelina, biomasa). Spálením paliva v parním kotli se získá tepelná energie, která se předává chemicky upravené vodě. Jejím ohřátím vzniká pára, která proudí do turbíny, kde se přemění tepelná energie vodní páry na mechanickou práci. Ta se přenáší na hřídel turbíny spojenou s trojfázovým alternátorem, ve kterém se tato práce mění na elektrickou energii. Pára vystupující z turbíny proudí do kondenzátoru, kde se z ní ochlazením (kondenzací) opět stává voda, která je opět zavedena do celého systému. Účinnost bývá ale maximálně kolem 35%, protože většina tepla je zmařena v chladících věžích. Proto se technologie elektráren kombinuje s technologiemi umožňujícími využití tepla pro vytápění, ohřev užitkové vody a jiné průmyslové účely.

Největší hnědouhelná elektrárna je **Belchatów** v Polsku s výkonem 4 440 MW.

1.2 Jaderné elektrárny

Princip výroby elektřiny v jaderné elektrárně je obdobný jako v klasické tepelné elektrárně. Rozdíl je jen ve zdroji tepla. V tepelné elektrárně je zdrojem tepla fosilní palivo (uhlí, plyn), zatímco v jaderné elektrárně je to jaderné palivo (přírodní nebo obohacený uran). Palivo v podobě palivových kazet je umístěné v tlakové nádobě reaktoru, do které proudí

chemicky upravená voda. Tato protéká kanálky v palivových kazetách a odvádí teplo, které vzniká při štěpné reakci. Voda z reaktoru vystupuje s teplotou asi 300°C a prochází horkou větví primárního potrubí (okruhu) do tepelného výměníku - parogenerátoru. V parogenerátoru protéká svazkem trubek a odevzdává teplo vodě, která je přiváděna ze sekundárního okruhu s teplotou asi 220°C. Ochlazená voda primárního okruhu se vrací zpět do aktivní zóny reaktoru. Voda sekundárního okruhu se v parogenerátoru odpařuje a přes parní kolektor se pára odvádí na lopatky turbíny. Hřídel turbíny opět roztáčí generátor, který vyrábí elektrickou energii. [1]

Největší jadernou elektrárnou na světě je **Fukushima** v Japonsku s deseti reaktory o čistém elektrickém výkonu 8 814 MW. (V současnosti je postižena havárií v důsledku zemětřesení).

1.3 Vodní elektrárny

Princip je velmi jednoduchý a spočívá ve využití mechanické energie proudící vody, která je udržována v zásobní nádrži (umělá přehrada nebo tekoucí řeka). Část vody je odváděna kanálem na lopatky turbíny, která je na společné hřídeli s elektrickým generátorem. Ten opět mění pohybovou energii na elektrickou. Rozdíl mezi vodní turbínou a parní turbínou je v konstrukci a počtu lopatek (oběžných kol).

Mezi vodní elektrárny řadíme také přílivové, vlnové a příbojové elektrárny, které využívají v různých podobách pohybové energie moře.

Největší vodní elektrárna na světě se nachází v Číně. Jmenuje se **Tři soutěsky** a její výkon je 22 500 MW.

1.4 Větrné elektrárny

Větrné elektrárny mění energii proudu vzduchu na elektrickou energii. Síla větru se opírá o vhodně nastavené vrtule rotoru turbíny a roztáčí je. Točivá síla rotoru se přenáší přes převodovku nebo přímo do elektrického generátoru.

Instalovaný výkon největších větrných elektráren dosahuje až 5 000 kW.

1.5 Sluneční elektrárny

Existují dva základní principy přeměny slunečního záření na elektrickou energii:

- Fotovoltaické systémy

Jsou založeny na principu fotoelektrického jevu, což je přímá přeměna slunečního záření na elektrickou energii. Fotovoltaický článek je vyroben ze dvou nad sebou ležících vrstev křemíku. Sluneční světlo se skládá z fotonů - částic solární energie, které předávají svou energii elektronům v atomech křemíkových článků. Dodaná energie umožní elektronům uvolnit se ze svých normálních pozic. Po opuštění své pozice zůstává po elektronu díra. Jelikož elektron má záporný elektrický náboj, díra je nabitá kladně. V jedné vrstvě křemíku takto vzniká přebytek elektronů a ve druhé jejich nedostatek. Propojí-li se obě strany článku přes nějaký spotřebič, může se přebytek a nedostatek elektronů vyrovnávat a tím dojde k toku elektrického proudu. [1]

Největší solární elektrárna se buduje v Portugalsku. Na 60 hektarovém pozemku na jižních svazích bude vyrábět až 11 MW elektrické energie.

- Koncentrační termické systémy

Pracují na principu koncentrace slunečních paprsků na absorbér (ohnisko), kterým protéká teplotonosná kapalina (převážně olej). Tato kapalina se ohřívá na vysokou teplotu, pomocí které se v parogenerátoru získává přehřátá pára, která pohání generátor elektrického proudu. Ke koncentraci slunečního záření se používají:

- rovinná zrcadla - teplota oleje dosahuje až 400°C
- parabolická zrcadla - teplota oleje dosahuje až 650°C
- termální solární věže - teplota oleje dosahuje až 1 000°C

Největší solární elektrárna na světě se nachází ve Španělsku. Solární park **Olmedilla de Alarcón** byl dokončen v září 2008 a má celkovou instalovanou kapacitu 60 MW. V České republice leží největší solární elektrárna u obce **Vepřek na Mělnicku** s výkonem 35 MW.

1.6 Geotermální elektrárny

Tento typ elektráren využívá tepelnou energii z nitra Země. Staví se převážně ve vulkanicky aktivních oblastech, kde využívají k pohonu turbín páru stoupající pod tlakem z gejzírů a horkých pramenů. Rovněž se může použít teplotonosné médium, které se vhnání do vrtů, v hloubi země se ohřívá a vyvádí zpět na povrch, kde se teplo zužitkuje.

Na podobném principu pracují tzv. tepelná čerpadla.

Dílčí závěr

Elektrická energie je jeden z několika produktů, bez kterých bychom se v současnosti v žádném případě neobešli. Její výroba spočívá v přeměně energie různých energetických zdrojů, za pomoci dalších zařízení, z nichž nejdůležitější je generátor elektrické energie. Možností přeměny energie máme několik (Tab. 1) a závisí na mnoha faktorech. Jednak na lokalitě, množství a dostupnosti daných energetických zdrojů, technických a finančních možnostech a také na případném dopadu na okolní prostředí. Třebaže mají jak spoustu kladů, tak záporů, největší podíl na výrobě elektrické energie mají stále tepelné elektrárny, spalující fosilní paliva, z nichž převládá spalování uhlí. Vzhledem k nedávné katastrofě v Japonsku, která způsobila obrovské problémy v jaderné elektrárně Fukushima a otřásla tak základy jaderné energetiky, se dá ale předpokládat, že jejich význam v současnosti a budoucnosti ještě vzroste.

Tab. 1. Přehled typů elektráren

Typ elektrárny	Využitá energie
Tepelná	Spalovací proces
Jaderná	Jaderná reakce
Vodní	Kinetická nebo potenciální energie vody
Větrná	Kinetická energie větru
Sluneční	Energie slunečního záření
Geotermální	Tepelná energie zemského jádra

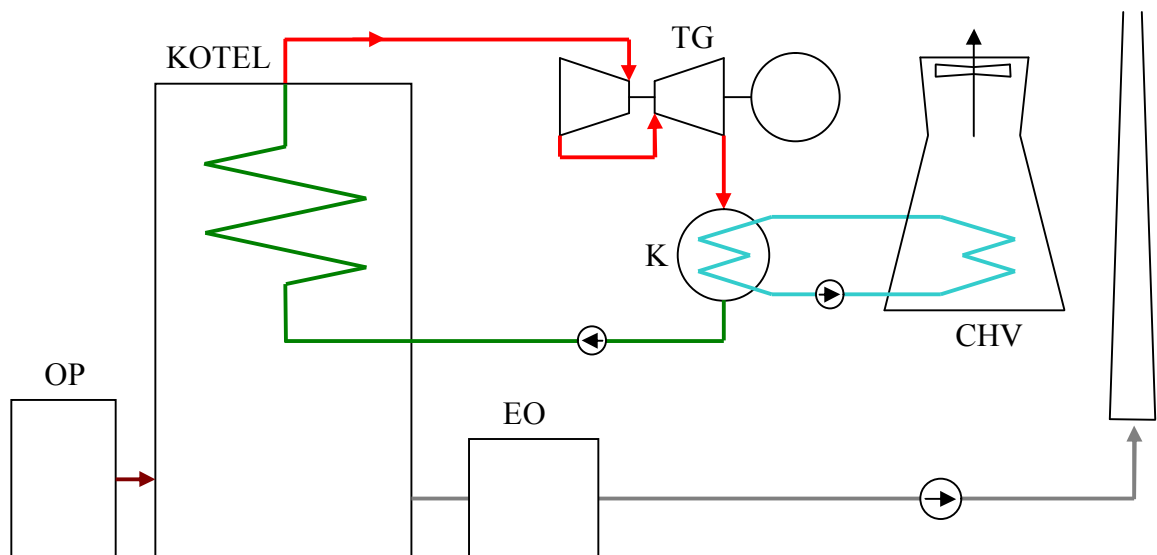
2 KONCEPCE TEPELNĚ ENERGETICKÝCH ZAŘÍZENÍ

Podle toho, co je výsledným produktem dané technologie, se setkáváme se třemi typy tepelně energetických zařízení.

- Tepelná elektrárna
- Teplárna
- Kogenerační jednotka

2.1 Tepelná elektrárna

Je zařízení určené na výrobu elektrické energie. Základem této technologie je využití energie přehřáté páry přiváděné na lopatky turbíny, která roztáčí generátor, na jehož svorkách cívek se indukuje el. energie. Přehřátá pára se vyrábí v kotlích, kde se spaluje převážně uhlí (uhelný prach) v proudě vzduchu, který podporuje hoření ve spalovací komoře kotle, jehož stěny jsou tvořeny trubkovými svazky. V systému vysokotlakých trubek vzniká z chemicky upravené vody pára, která je vedena přes různé typy přehříváků.



— napájecí voda, — pára, — chladicí voda, — palivo, — spaliny, OP - okruh paliva, TG - turbogenerátor, K - kondenzátor, CHV - chladicí věž, EO - elektrostatické odlučovače popílku.

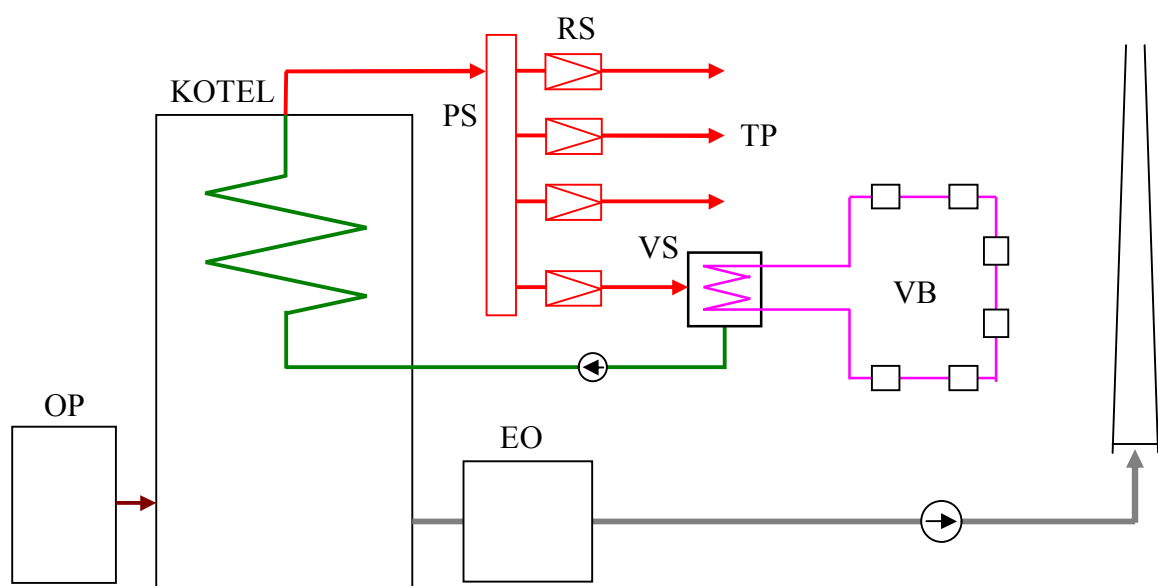
Obr. 1. Schéma tepelné elektrárny

Takto se z ní stává přehřátá pára o teplotě až 530°C a tlaku 9,4 MPa, podle velikosti a typu kotle i vyšší. Tato pára proudí do vysokotlaké části turbíny a postupně do středotlaké a

nízkotlaké části, kde působením na lopatky roztáčí hřídel, se kterým je spojen vlastní generátor elektrického proudu. Jak pára expanduje, klesá tlak i teplota a tím dochází k využití energie. Energie přehřáté páry je ale využita jen částečně, jako u jakéhokoliv jiného tepelného motoru. Pára, která vychází z turbíny se následně chladí (kondenzuje) v chladicích věžích, což je typické právě pro tepelné elektrárny. Vzniklý kondenzát se pak vrací zpět do technologie v podobě napájecí vody kotlů.

2.2 Teplárna

Je zařízení určené k výrobě tepelné energie pro technologické účely, vytápění a výrobu páry či horké vody. Technologická pára vyrobená v kotlích podobným způsobem jako u tepelné elektrárny se redukuje z vysokého tlaku na menší podle toho, jakého parametru a k jakému účelu ji chceme použít. V případě produkce horké vody (horkovodu) je pak tato využita ve výměňkových stanicích pro dodávku tepla průmyslovým podnikům, na vytápění bytů a k ohřevu teplé užitkové vody. Vzhledem k tomu, že je tato technologie založena na neustálém předávání tepla jiným médii, nedosahuje se zde velké efektivity.



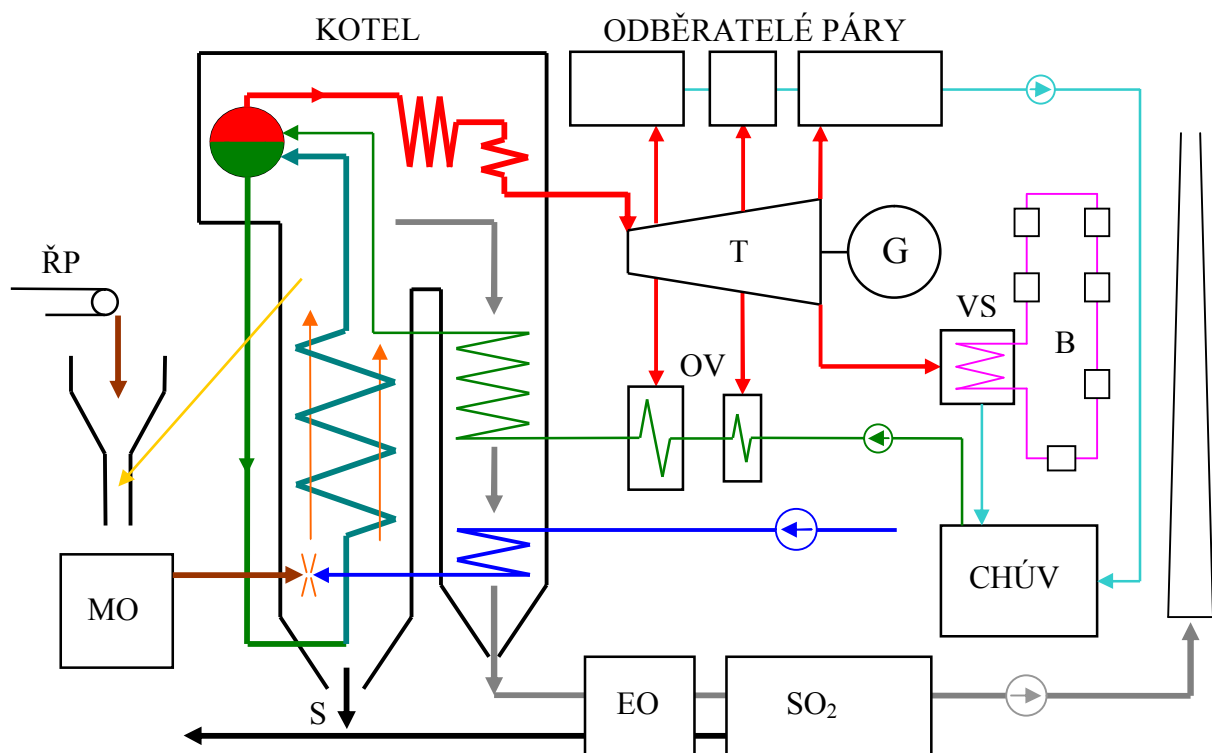
— napájecí voda, — pára, — horkovod, — palivo, — spaliny, OP - okruh paliva, PS - parní sběrna, RS - redukční stanice, TP - technologická pára, VS - výměňková stanice, VB - vytápění bytů, EO - elektrostatické odlučovače popílku.

Obr. 2. Schéma teplárny

2.3 Kogenerační jednotka

Kogenerační jednotka je uspořádání technologických celků, které představuje kombinaci obou předchozích systémů. Toto řešení zajišťuje nejvyšší možnou efektivitu, proto se s ním setkáváme v mnoha současných energetických podnicích. Toto uspořádání preferuje i Teplárna Otrokovice a.s.

2.4 Teplárna Otrokovice a.s. (TOT a.s.) - popis technologie



— napájecí voda, — pára, — horkovod, — kondenzát, — palivo, — spaliny, — vzduch, — hořící palivo, — tuhé zbytky, — sušení paliva, ŘP - řetězový podavač, MO - mlýnský okruh, T - turbína, G - generátor, VS - výměňková stanice, OV - ohříváky vody, B - bytová soustava, CHÚV - chemická úprava vody, SO₂ - odsiřovací jednotka, EO - elektrostatické odlučovače popílku, S - struska.

Obr. 3. Technologické schéma Teplárny Otrokovice a.s.

Teplárna Otrokovice a.s. je moderním ekologickým zdrojem tepla a elektrické energie. Dodávky tepla jsou realizovány pomocí páry, která je využívána především pro technologické účely a pomocí horké vody, která slouží zejména k zabezpečení dodávek tepla pro bytovou sféru. Teplárna zásobuje teplem oblast Otrokovic, Napajedel a

Malenovic, elektrická energie je dodávána do rozvodné sítě. Svůj název si ponechala z doby svého vzniku, kdy byla postavena z důvodu dodávky tepla a technologické páry pro podnik Barum. Výroba elektrické energie byla realizována až v následujících letech právě z důvodu efektivnějšího využití zdrojů. V současnosti jsou ale oba produkty na stejné úrovni jak z hlediska ekonomiky, tak z hlediska důležitosti pro místní aglomeraci.

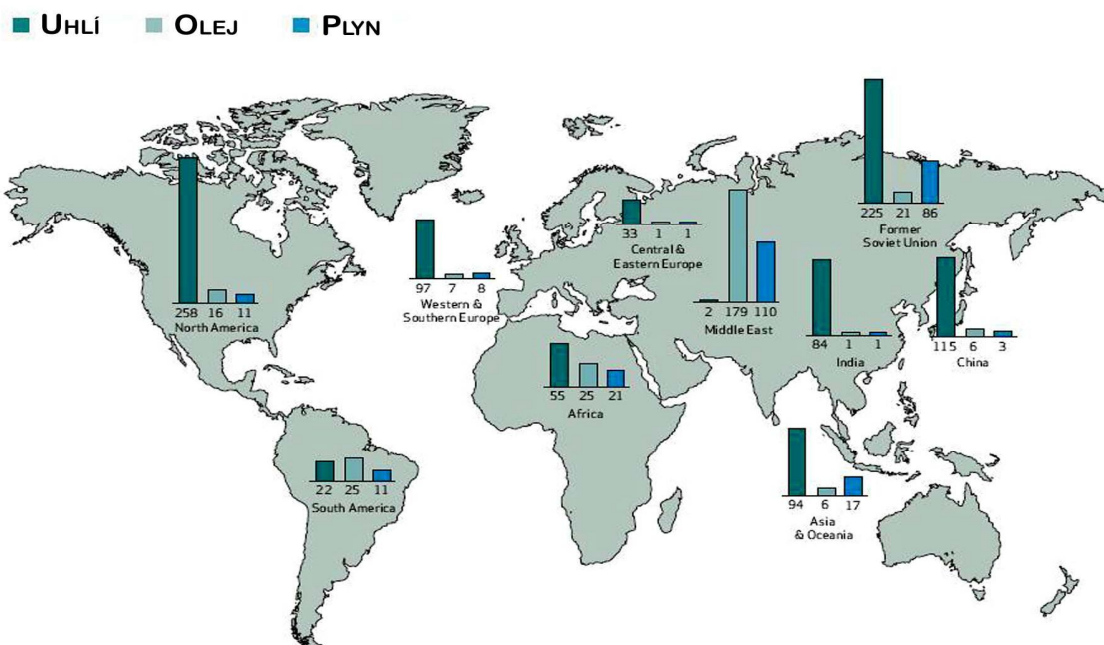
Efektivita je dosažena několika způsoby. Pára proudící přes turbínu je prostřednictvím regulovaných odběrů odváděna z jednotlivých částí turbíny k dalšímu zpracování a je tedy zužitkována jednak na výrobu elektrické energie a jednak jako technologická pára potřebných parametrů. Převážná část energie je tedy efektivně využita a ne zmařena v chladících věžích. Stejně tak je využito teplo z kouřových plynů. Spaliny jsou vedeny systémem ohříváků vody, páry a spalovacího vzduchu a následně do komína. Aby byly dodrženy stále přísnější limity obsahů zplodin, proudí spaliny před vstupem do komína do elektrostatických odlučovačů tuhých částic (popílku) a přes odsiřovací jednotku, kde dochází k odloučení SO₂. Teplárna Otrokovice se tedy prezentuje jako vysoce efektivní zdroj, který splňuje všechna kritéria daná naší i evropskou legislativou.

Dílčí závěr

Podle uspořádání provozu energetického zařízení, zajišťujícího výrobu elektrické energie rozeznáváme dva hlavní technologické typy. Prvním je **Tepelná elektrárna**, jejíž koncový produkt je pouze elektrická energie. Její výrazná přednost je ve velkých výkonech, kterými jednotlivé elektrárny disponují, ale zároveň také velká nevýhoda, kterou je malá regulovatelnost výkonu. Druhým typem je **Teplárna**, která vzhledem k menším instalovaným výkonům umožňuje pružně reagovat na změny v elektrorozvodné síti. Hlavní význam ale spočívá v efektivním využití odpadního tepla obsaženého v páře, která vystupuje z turbíny. Z toho důvodu představuje daleko ekonomičtější energetický zdroj než elektrárna. V praxi se můžeme setkat ještě s jedním pojmem a tím je **Kogenerace**. V podstatě se jedná o stejný typ jako Teplárna. Na tomto základě je také postavena **Teplárna Otrokovice a.s.**, jejíž původní výroba elektrické energie byla zefektivněna výrobou a distribucí technologické páry pro okolní průmyslové podniky a dodávkou horké topné vody pro obyvatelstvo a obchodní centra.

3 PROBLEMATIKA TĚŽBY, DOPRAVY A SPALOVÁNÍ UHLÍ

Hnědé uhlí je v současné době stále nejrozšířenějším palivem v tepelných elektrárnách a tomu odpovídá i celosvětová produkce elektrické energie, která je z 44% vyráběna právě z uhlí. Např. v USA je až polovina elektrické energie vyrobena spalováním uhlí a stejná situace je i v naší republice. Zde, se jak elektrárny skupiny ČEZ, tak energetické podniky skupiny EON, podílí na produkci elektrické energie, vyráběné z 55% spalováním fosilních paliv, převážně uhlí. Je to dáno jeho zatím stále obrovskými zásobami, které ale nejsou nevyčerpatelné. Podle statistiky British Petroleum budou celosvětové zásoby uhlí vyčerpány přibližně za 200 let, zatímco zásoby ropy vystačí na 40 let a zásoby zemního plynu na 65 let.



Obr. 4. Světové zásoby fosilních paliv (v gigatunách) [2]

Současná úroveň těžby se v ČR pohybuje okolo 60 mil. tun uhlí ročně a mezi nejvýznamnější uhelné revíry patří:

- Ostravsko-karvinský revír (roční těžba okolo 14 mil. tun černého uhlí),
- Severočeský hnědouhelný revír (roční těžba okolo 38 mil. tun hnědého uhlí a lignitu),
- Sokolovský hnědouhelný revír (roční těžba okolo 7 mil. tun hnědého uhlí a lignitu).

Největší zásoby uhlí jsou dnes v Severní Americe, Evropě, Rusku, Číně, Indii, JAR a Austrálii. V České republice je uloženo až 3791 miliónů tun hnědého uhlí a 2359 miliónů tun uhlí černého. [2]

Vzhledem k oblastem bohatých na zásoby uhlí, je většina našich velkých elektráren z praktických důvodů situována do bezprostřední blízkosti hnědouhelných dolů v severních a v severozápadních Čechách. Spalování uhlí má ale tak jako spousta jiných energetických surovin své výhody i nevýhody.

3.1 Výhody uhelné elektrárny

- Uhlí je v různých oblastech světa zatím dostatek a celkem dostupné a jeho použití pro výrobu energie je stále jistější, než orientace na paliva, která jsou založena na ropné bázi neboť jejich dodávka a cena je nejistá.
- Moderní uhelné elektrárny jsou poměrně efektivní a jsou-li vybaveny nejnovějšími technologiemi, produkují celkem nízké množství znečišťujících látek.
- Dnešní uhelné elektrárny mohou pružně reagovat na změny výkonu a umožňují spalovat všechny druhy uhlí od nejméně kvalitního lignitu (hnědé uhlí) až po antracit (černé uhlí).
- Skladování uhlí je poměrně jednoduché a levné, na rozdíl od plynu nebo topného oleje nejsou potřeba žádné speciální nádrže nebo cisterny.

3.2 Nevýhody uhelné elektrárny

- Dodávky uhlí jsou obrovské, zdroje neobnovitelné a spalování uhlí nepředstavuje koncepci, která by zajišťovala trvalé řešení energetických problémů.
- Výhřevnost uhlí je velmi různá. Může být od 2800 kcal / kg do 7000 kcal / kg.
- Spalování uhlí v elektrárnách způsobuje produkci škodlivých látek jako jsou oxid uhličitý, oxid uhelnatý, oxidy síry a dusíku. Je proto třeba budovat složitá zařízení na čištění spalin.
- Protože se ke spalování používá většinou uhlí ve formě prachu, bývají problémy se znečištěním provozu a vzniká nebezpečí výbuchu a požáru.
- Výstavba a provoz uhelných elektráren a především těžba uhlí zanechává dlouhotrvající dopad na okolní krajinu.

- Přeprava uhlí prostřednictvím vlaků vytváří hluk, což je nepříjemné, zvláště pro obyvatele žijící v blízkosti železničních tratí.
- Těžba uhlí a manipulace s ním vyžadují velká a složitá zařízení.
- Skladování uhlí představuje rozsáhlé ukládací plochy.

Třebaže se zdá, že nevýhody uhelných elektráren převládají, celkový dopad výhod je daleko vyšší, a proto je spalování uhlí stále aktuální.

3.3 Doprava uhlí

Uhlí se těží v hlubinných nebo povrchových dolech. Odtud se dopravuje různými způsoby do elektráren k vlastnímu zpracování. Jednotlivé způsoby dopravy závisí jednak na množství spotřebovaného uhlí a hlavně na tom, kde a v jaké vzdálenosti se nachází dané tepelně energetické zařízení. Zpracování uhlí, které zahrnuje převážně třídění podle kvality a podle frakce, probíhá ještě v místě, popř. v okolí těžby a pak se dopravuje na místo určení.

Způsoby přepravy:

- pásové dopravníky - v případě, že se důl nachází v blízkosti elektrárny,
- speciální potrubí - přeprava probíhá v podobě kašovitě hmoty. Pomocí této metody je uhelný prach smíchaný s vodou a ve formě suspenze se čerpá potrubím do místa určení. Tato metoda je vhodná pro menší vzdálenosti a zároveň snižuje nebezpečí vzniku požáru,
- kamionová doprava - pro menší elektrárny s menší vzdáleností od místa těžby a v mimořádných případech, např. při výpadcích železniční dopravy,
- lodní doprava - velké vzdálenosti a v případě dovozu uhlí z jiných kontinentů. Jde o levný způsob, který umožňuje dopravu velkého množství nákladu,
- železniční doprava - nejčastější způsob, ale poměrně drahý. Někdy náklady na přepravu převyšují náklady na samotnou těžbu.



Obr. 5. Přeprava uhlí pásovým dopravníkem (elektrárna Prunéřov) [3]

Aby se co nejvíce omezily přepravní náklady, staví se tepelné elektrárny co nejbližší dolům. Proto byly naše největší elektrárny vybudovány právě v oblasti severozápadních Čech, kde jsou rozsáhlá naleziště hnědého uhlí. Spousta menších elektráren a hlavně tepláren se ale nachází po celé naší republice, takže přeprava uhlí na větší vzdálenosti je nezbytná. V našich podmínkách se využívá převážně železniční doprava. Zajímavostí je elektrárna Chvaletice, kde je uhlí dopravováno loděmi až do vlastního objektu elektrárny a z lodí pak pomocí pásových dopravníků do zauhlovací technologie.

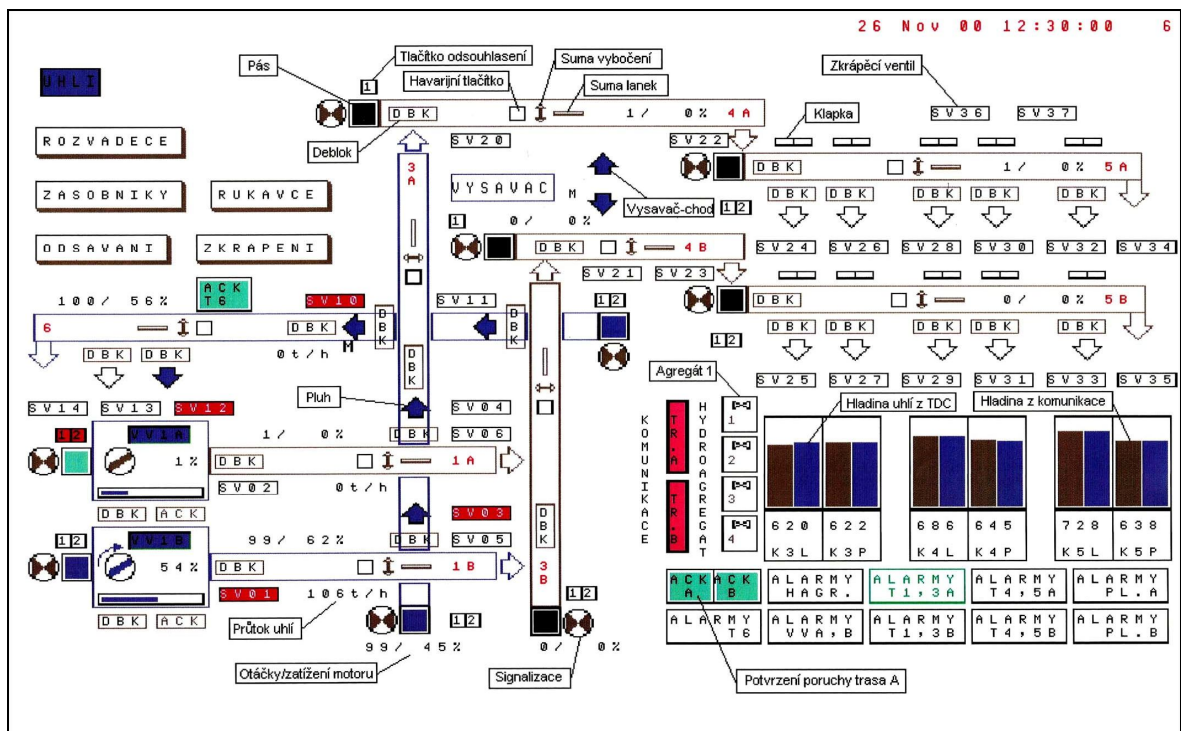


Obr. 6. Přeprava uhlí loděmi [4]

Vlastní zpracování a doprava uhelného paliva v elektrárnách pak dále probíhá na základě technologických možností a specifikací jednotlivých podniků. Například v malých provozech se uhlí přímo naváží uhlí automobily do speciálních násypek anebo pomocí pásových dopravníků. Většinou se ale uhlí nejdříve složí na skládce a odtud se opět pomocí dopravníků dopravuje do spalovací technologie elektrárny. Během přepravy, ale zejména při přípravě uhlí ke spalování je třeba dodržovat mnohá bezpečnostní opatření, pravidla a ověřené postupy, neboť může kdykoliv dojít ke vznícení a vzniku požáru s nedozírnými následky.

3.4 Doprava a zpracování paliva v TOT a.s.

Hnědé uhlí se dopravuje do TOT a. s. železničními vozy, které se vyprazdňují do hlubinného zásobníku (HZ). Hlubinný zásobník je ocelobetonové zařízení pod úrovní terénu a má kapacitu na 500 tun paliva. Horní část HZ je pokryta ocelovými rošty s železniční kolejí, na kterou může najet až 10 vozů. Palivo se ze zásobníku vyhrnuje pomocí vyhrnovacích vozíků na pásy, které představují počátek dopravní trasy. Z hlubinného zásobníku se dopravuje uhlí do zásobníků kotlů dvěma dopravními pásovými trasami označenými A a B, a to T 1 A (B), T 3 A (B), T 4 A (B) a T 5 A (B). Celé schéma tras je na (Obr. 6). Šířka dopravních pásů je 800 mm a max. dopravované množství jednou trasou je 200 t/hod. Uhlí, které nemůže být ihned spotřebováno, se dopravuje odbočkou z pásu T 3 A (B) na trasu T6 na skládku. Na skládce se provádí manipulace s palivem při jeho uložení, nebo naopak při zauhlování hlubinného zásobníku ze skládky pomocí pásového buldozeru v případě, že není k dispozici palivo z vagonů. Pomocí dopravních pásů je palivo dopraveno až do nejvyššího podlaží kotelny a prostřednictvím zauhlovacího zařízení se ukládá do zásobníků surového uhlí u kotlů. Tělesa zásobníku jsou vyrobená z ocelového plechu ve tvaru kvádrů, který se ve spodní části zužuje a uzavírá čtyřmi deskovými uzávěry. V horní části je zásobník paliva uzavřen ocelovými deskami, které tvoří současně i pochůznou podlahu. V této části zásobníku jsou otvory pro svod paliva z pásových dopravníků a jsou zde také zabudovány sondy pro měření hladiny paliva v zásobníku. Zároveň se zde nachází odsávací zařízení pro odsávání přetlaku. Spodní zúženou částí pak padá palivo na řetězový podavač, kterým se dopraví do mlecí technologie kotlů. Celý proces zauhlování a dopravy paliva v TOT a.s. je ovládán řídicím systémem Honeywell TDC 3000 z velínu dozorny.



Obr. 7. Ovládací displej řídicího systému Honeywell TDC 3000

Tento systém umožňuje celkovou vizualizaci procesu a to stavy jednotlivých pohonů, stav zaplnění zásobníků uhlí a zároveň prostřednictvím zařízení, které zprostředkovává vážení i přesnou evidenci množství uhlí dopraveného do zásobníků kotlů i na skládku. Tyto informace jsou uloženy v centrální databázi řídicího systému.

3.5 Příprava uhelného paliva v TOT a.s.

Uhlí není možné použít v surovém stavu. Než se dostane do spalovací komory kotle, prochází celou technologií palivového okruhu. Musí projít drticí stanicí a uhelnými mlýny, kde se rozele na jemný prášek. V zimě je navíc někdy třeba uhlí rozmrazovat (většinou již při vykládání z vagónů) a sušit. Pro sušení, které probíhá před mletím nebo při něm, se využívá horkého proudu spalin o teplotě 950°C, které se nasávají ventilačním účinkem mlýnů ze spalovací komory. Jemný uhelný prach se pak spolu s předehřátým vzduchem vhájí práškovými hořáky do spalovací komory kotle. Tady dochází k vlastnímu hoření, palivo hoří za letu - čím jemnější je uhelný prášek, tím je spalování dokonalejší a víc připomíná hoření plynu. Uhlí rozemleté na prášek hoří velmi intenzivně a intenzivní je i přestup tepla do výhřevných ploch. Práškové spalování umožňuje stavět kotle velkých výkonů.

Dílčí závěr

Princip tepelných elektráren je založen na spalování fosilních paliv, což jsou nerostné produkty, které vznikly pod zemí v průběhu několika milionů let. Z těchto paliv se nejvíce využívá spalování uhlí. Je to dáno hlavně jeho zásobami, které jsou oproti jiným zdrojům zatím stále obrovské a jednak použitými technologiemi, které jsou v současnosti na velmi vyspělé úrovni. Protože se zásoby uhlí nachází v různých částech světa, používají se k jeho přepravě různé kombinace lodní, vlakové, automobilové anebo pásové dopravy. V místě určení se pak používá způsob, který nejvíce vyhovuje daným podmínkám a možnostem podniku. Protože je palivo většinou ukládáno na skládku a pak dopravováno k vlastnímu zpracování, nejsnadnějším způsobem je doprava pomocí pásových dopravníků. Stejně tak je tomu i v Teplárně Otrokovice a.s. Vzhledem k tomu, že je uhlí hořlavá látka, představuje ale doprava a zpracování uhlí spoustu problémů spojených s nebezpečím požáru nebo výbuchu.

4 CHARAKTERISTIKA UHLÍ

Protože je uhlí hořlavá látka, představuje nebezpečí, které souvisí s jeho negativními vlastnostmi a to se vzplanutím popř. výbuchem. Abychom mohli analyzovat podstatu hoření a výbuchu, je třeba se s touto látkou blíže seznámit.

4.1 Vznik uhlí

Uhlí je pevná látka, kterou řadíme mezi tzv. fosilní paliva. Tato paliva dělíme na pevná, kapalná a plynná. Mezi pevná patří především uhlí nebo rašelina, mezi kapalná ropa a její deriváty a mezi plynné řadíme zemní plyn.

Fosilní paliva vznikla v přírodě v zelených rostlinách z oxidu uhličitého a vody s přispěním slunečního záření. Biomasa se před miliony let dostala různými geologickými pochody do zemských hloubek a zde byla bez přístupu vzduchu vystavena obrovským tlakům a teplotám. Za těchto podmínek tak došlo k procesu karbonizace - prouhelnění (zvětšuje se obsah uhlíku a zmenšuje množství kyslíku). Nejmladším fosilním palivem je rašelina a nejstarším antracit.

4.2 Druhy uhlí

Na základě různých podmínek vzniku dnes rozlišujeme i různé typy uhlí s odlišnými fyzikálními i chemickými vlastnostmi a to z hlediska výhřevnosti, zápalnosti a vlastního hoření. Podle kvality ho dělíme na:

- hnědé uhlí,
- černé uhlí,
- antracit,
- lignit.

4.3 Složení uhlí

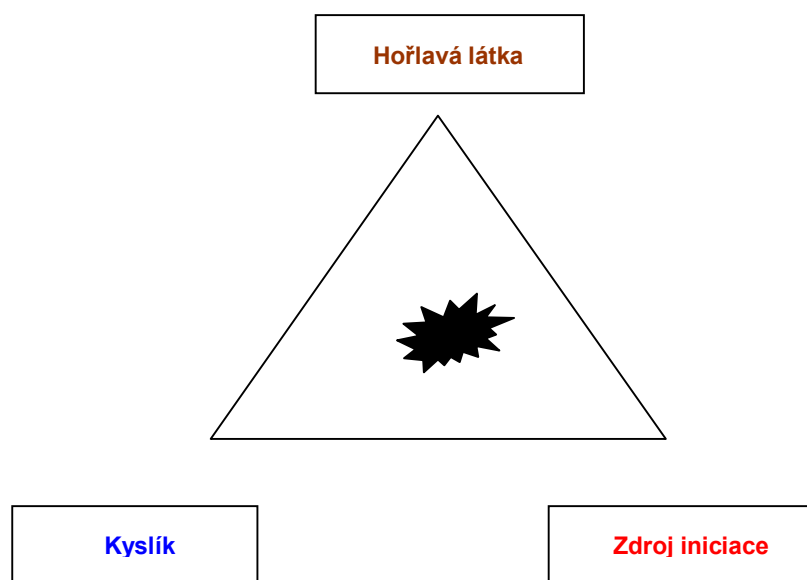
Klasická paliva, která se používají k získání tepelné energie, se skládají z hořlaviny, popeloviny a vody. Výhřevnost surového paliva je dána výhřevností jeho hořlaviny, která závisí na jejím složení. Obsahuje různá množství uhlíku C, vodíku H, dusíku N, kyslíku O a síry S.

4.4 Podstata a princip hoření - základní pojmy

Hoření je fyzikálně chemická reakce, při které hořlavá látka reaguje vysokou rychlostí s oxidačním prostředkem. Při této reakci vzniká teplo a světlo. Této reakci se říká reakce exotermická.

4.4.1 Hořlavá látka

Za hořlavou látku se považuje látka ve formě plynu, páry, kapaliny nebo pevné látky popř. jejich směsí, která může v případě iniciace vyvolat se vzduchem exotermní reakci. V této BP se bude ve vztahu k nebezpečí výbuchu jednat o hořlavou látku - **hnědé uhlí**.



Obr. 8. Výbuchový trojúhelník - podmínky nutné pro vznik výbuchu

K tomu, aby došlo k hoření, je potřeba mít:

- hořlavou látku - tato podmínka je nezbytná,
- oxidační prostředek (vzduch),
- zdroj zapálení s dostatečným množstvím energie a vysokou teplotou (**zdroj iniciace**).

4.4.2 Princip hoření

Chemická reakce - hoření, potřebuje ke svému vzniku teplo. Je to z toho důvodu, že chemická reakce je tzv. přetvoření molekuly a k tomu je třeba, aby její atomy vykonávaly energický tepelný pohyb. Proto rychlost chemické reakce závisí na teplotě. Aby začalo

hoření, musíme k předmětu, který má hořet, přiložit zdroj tepla, např. hořící zápalku. Ani samotná zápalka se však nezapálí sama, k tomu dojde jejím zahřátím při tření (škrtnutí) o krabičku. Počátečním ohřátím tedy vytvoříme teplotu potřebnou k reakci, následující vysokou teplotu pak už udržuje teplo, které se uvolňuje při reakci. Vzniklá reakce, při níž reaguje hořlavina s kyslíkem, začíná nejdříve na povrchu látek, a pokud neshoří povrchová vrstva, nemůže hořet další. Z toho vyplývá relativně pomalý průběh hoření. Zvýšení rychlosti hoření se dosáhne pouze zvětšením plochy, která má přijít do styku s kyslíkem (typickým příkladem z praxe je rozštípání dříví na třísky) a zároveň co nejvyšším zbavení vlhkosti, která snižuje teplotu potřebnou k hoření. Na těchto základech tedy spočívá příprava uhelného paliva. V mlecím zařízení se uhlí vysušuje, zahřívá a zároveň mele na prach, který pak hoří ve vlnosběhu během letu uvnitř spalovací komory. [5]

4.4.3 Výbuch

Výbuch lze definovat jako reakci explozivního hoření, kdy po prvotním přivedení energie již reaguje hořlavá látka s kyslíkem samovolně tak, že se zvyšuje její teplota, tlak nebo obě veličiny. Rozlišují se dvě základní formy výbuchu.

- **deflagrace** - rychlost reakce je nižší než rychlost zvuku v daném prostředí,
- **detonace** - rychlost reakce je vyšší než je rychlost zvuku v daném prostředí.

Specifickou vlastností detonace je vytvoření takzvané detonační tlakové vlny o tlaku řádově jednotek MPa, která se šíří prostředím rychlostí kolem 2 000 m/s.

Aby došlo k explozi, musí být přítomna hořlavá látka (prach z hnědého uhlí) v rozsahu výbušných koncentrací. Koncentrace se uvádí většinou v objemových procentech hořlavé látky se vzduchem u plynů (% V) nebo u prachů v absolutní hmotnosti na objem vzduchu (mg/m^3). [5]

V souvislosti s výbuchem hořlavé látky a následným hořením se setkáváme s následujícími pojmy:

- **výbušná atmosféra** - za výbušnou atmosféru je považována taková směs vzduchu a hořlavé látky při atmosférických podmínkách, ve které se po iniciaci rozšíří reakce hoření do celé nespálené směsi.
- **spodní mez výbušnosti** - je nejnižší procentní nebo hmotnostní koncentrace prachové směsi se vzduchem, při které je tato směs již výbušná. Určuje se

v gramech rozvířeného prachu v daném prostoru (g/cm^3). Meze výbušnosti jsou stejně jako teplota vznícení nebo vzplanutí charakteristické pro každé látky a tato hodnota je důležitá pro stanovení prostředí dle ČSN 33 2000-3 a ČSN 33 2330 a pro ochranu zařízení před nebezpečím výbuchu.

Spodní mez výbušnosti se mění i v závislosti na teplotě výbušné atmosféry.

- **minimální iniciační energie** - je minimální energie potřebná k iniciaci výbuchu. U plynů se pohybují od setiny do desetin mJ, u hořlavých prachů se pohybují iniciační energie od jednotek po tisíce mJ.

Další důležitou fyzikální vlastností, která se vztahuje k iniciaci výbušné atmosféry je i její teplota. Zde se používají následující pojmy:

- **teplota (bod) vzplanutí** - je nejnižší možná teplota, při které hořlavá látka začne při přiblížení plamene (iniciaci) hořet,
- **teplota vznícení** - je nejnižší možná teplota, při které začne za stanovených podmínek hořlavá látka (prach) ve směsi se vzduchem hořet i bez iniciace otevřeným plamenem,
- **minimální teplota vznícení výbušné atmosféry** - je minimální teplota vznícení rozvířeného prachu,
- **samovznícení** - je vznícení hořlavé látky, při kterém je zdrojem energie samozahřívání hořlavé látky. V případě uhlí dochází k samovznícení tím, že obsažený uhlík má schopnost svým povrchem pohlcovat plyny a páry, přičemž vzniká teplo. K samovznícení uhlí dochází převážně při skladování na velkých hromadách, kdy je hlavní příčinou vzhledem k množství uhlí malá plocha povrchu pro odvod vznikajícího tepla.

4.5 Výbuchové parametry hnědouhelného prachu

Jedním z nejdůležitějších kroků při zpracování problematiky zabezpečení technologie zauhlování proti výbuchu je znalost všech látek vyskytujících se v daném zařízení, především znalost požárně technických charakteristik těchto látek. V našem případě se jedná o vzorek hnědého uhlí. K tomuto účelu bylo použito požárně technické

charakteristiky hnědého uhlí, která byla vyhotovena VVUÚ, a.s. v Ostravě - Radvanicích - státní akreditovanou zkušební laboratoří č. 1025.

Tab. 2. Parametry hnědého uhlí - mostecké [6]

Látka	Prach
Střední velikost zrna	< < 0,04 mm
Výhřevnost	24,4 MJ.kg ⁻¹
Teplota vznícení usazeného prachu	558°C
Teplota žhnutí usazeného prachu	156°C
Teplota vzplanutí usazeného prachu	242°C
Teplota vznícení rozvířeného prachu	442°C
Spodní mez výbušnosti při energii iniciace 9 kJ	49 g.m ⁻³
Spodní mez výbušnosti při energii iniciace 0,1 kJ	90 g.m ⁻³
Spalné teplo	25,44 MJ.kg ⁻¹

Dílčí závěr

Uhlí je pevná, hořlavá látka, kterou řadíme mezi tzv. fosilní paliva. Podle výhřevnosti rozeznáváme hnědé uhlí, černé uhlí, antracit, lignit. V tepelných elektrárnách se používá převážně hnědé uhlí. Vlastní hoření je způsobeno reakcí hořlaviny obsažené v palivu se vzduchem. Aby mohlo dojít k reakci, musí být přítomen zdroj iniciace, který způsobí prudkou změnu teploty (plamen, jiskra). Jiným typem této reakce je výbuch. Při této reakci reaguje hořlavá látka s kyslíkem samovolně tak, že se zvyšuje její teplota a tlak. Následkem výbuchu může dojít k ohrožení zdraví a života osob nacházejících se v ohroženém prostoru a dále k demolicím budov, zařízení a všeho co je v jeho dosahu. V souvislosti s výbuchem hořlavých látek se setkáváme s pojmy jako výbušná atmosféra, spodní mez výbušnosti, minimální iniciační energie, teplota vzplanutí, teplota vznícení a samovznícení. Všechny tyto pojmy jsou důležité ke stanovení prostorů s nebezpečím výbuchu, příčin výbuchu a k celkovému zvládnutí problematiky spojené s výbuchem uhelného prachu.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 IDENTIFIKACE PŘÍČIN VZNIKU VÝBUCHU A POŽÁRU PALIVA

Jak již bylo uvedeno v kap. 4.4, je pro vznik výbuchu nebo vzplanutí prашné směsi jedním z důležitých faktorů zdroj iniciace společně s danou koncentrací prachových částic se vzduchem. Proto je pro stanovení rizik souvisejících s výbuchem a požárem třeba provést analýzu provozu jednak z hlediska vzniku zdrojů iniciace a jednak z hlediska výskytu výbušné atmosféry.

5.1 Stanovení zdrojů iniciace

Klasifikace zdrojů iniciace vychází z normy ČSN EN 1127-1 a mohou se stanovit podle pravděpodobnosti jejich výskytu následujícím způsobem:

- zdroje iniciace, které se vyskytují trvale a často,
- zdroje iniciace, které se mohou vyskytnout zřídka,
- zdroje iniciace, které se mohou vyskytnout velmi zřídka.

Vzhledem k problematice dané technologie používaného zařízení a ochranných součástí musí být tato klasifikace brána v úvahu se zřetelem ke:

- zdrojům iniciace, které se mohou vyskytnout při běžném provozu,
- zdrojům iniciace, které se mohou vyskytnout pouze jako výsledek selhání,
- zdrojům iniciace, které se mohou vyskytnout pouze jako výsledek ojedinělých selhání. [7]

Pro hodnocení zdrojů iniciace jsem provedl bezpečnostní analýzu pracoviště provozu zauhlování v Teplárně Otrokovice a.s. a stanovil jsem (dle ČSN EN 1127-1) tyto možné zdroje iniciace:

- **horký povrch** - k iniciaci může dojít tehdy, jestliže atmosféra přichází do kontaktu s horkým povrchem. Nejen horký povrch může sám o sobě působit jako zdroj iniciace, ale také vrstva prachu nebo hořlavé pevné látky mohou při styku s horkým povrchem a následkem vznícení působit jako zdroj iniciace výbušné atmosféry. Je nutné pamatovat i na zařízení a systémy, které přeměňují mechanickou energii na teplo, všechny pohyblivé části v ložiskách (válečky pásů), průchozí hřídele, které představují svými částmi vznik třecích ploch a tření jednotlivých součástí o sebe.

- **plameny a horké plyny** (včetně horkých částic) - zde uvažujeme o zdrojích iniciace, které vznikají v souvislosti se svařovacími pracemi. Např. struska ze svařovací housenky, různé piliny a zbytky vznikající při svařování a řezání mají velmi horký povrch a patří mezi nejúčinnější zdroje iniciace. Zvláště nebezpečné je svařování nebo pálení acetylenovými a jinými soupravami.
- **mechanicky vznikající jiskry** - k iniciaci může dojít tehdy, jestliže v atmosféře dochází ke tření, nárazům nebo obrazným procesům. Díky tomu dochází k oddělování částic z pevných materiálů a oteplování. Tyto částice (jiskry) mohou v usazeném prachu vyvolat doutnání a tak mohou být zdrojem iniciace výbušné atmosféry.
- **elektrická zařízení** - tato zařízení mohou být zdroji iniciace, pokud se nachází v prostředích, které jsou stanoveny jako výbušné a zejména takové druhy a typy, které nesplňují konstrukční a provozní parametry (vznik elektrické jiskry, zkrat). V případě usazeného prachu na kabelových rozvodech dochází díky přenášení el. proudu k zahřívání kabelu a tím i k zahřívání usazeného prachu a lze tedy předpokládat akumulaci tepla do uhlí a následná podpora samovznícení uhlí.
- **samovznícení prachu** - na samovznícení mají vliv - oxidace uhlí, absorpce vzdušného kyslíku a jiných plynů, obsah kyzů v uhlí (pohlcují kyslík rychleji než uhlí samo), rozměry uhelných částic (čím jsou částice drobnější, tím je nebezpečí vyšší), vlhkost, stáří uhlí, rozměr a vrstva skladovaného uhlí, okolní teplota, proudění vzduchu, chemické složení uhlí a podobně. Zvýšená koncentrace kyslíku v oxidačním procesu vede k urychlení samozahřívání uhlí. Dalším faktorem, urychlujícím uvolňování tepla, je absorpce plynů a par. Při pohlcování CO₂ a vodních par se uvolňuje více tepla než při pohlcování kyslíku uhlím. Absorpční schopnost uhlí je přímo závislá na jeho stáří. Pokud by došlo k zavlečení samovzníceného množství uhlí pomocí pásové dopravy do prostředí s nebezpečím výbuchu, došlo by k iniciaci a tím i k výbuchu.
- **lidský faktor** - nebezpečné a zakázané manipulace s otevřeným ohněm, kouření, nedodržování stanovených bezpečnostních opatření a nařízení.

Mezi neuvažované možné zdroje iniciace (dle ČSN EN 1127-1) je třeba zahrnout také:

- sluneční záření,
- úder blesku,
- elektromagnetické vlny,
- statická elektřina,
- ionizující záření,
- ultrazvuk.

5.2 Bezpečnostní analýza objektu z hlediska vzniku výbuchu a požáru

Aby bylo možné specifikovat místa a příčiny výbuchu a požáru paliva, je třeba seznámit se podrobně se systémem dopravních tras a veškerým zařízením, které tvoří technologii zauhlování. V kap. 3.4 byla popsána technologie Teplárny Otrokovice a.s. z hlediska celkové koncepce a principu, nyní následuje popis jednotlivých částí se stanovením možných příčin vzniku výbuchu.

5.2.1 Vykládka a skládka paliva

Skládka paliva je plocha určená ke skladování paliva z důvodu zachování nutných zásob pro případy, kdy není zabezpečena železniční doprava. Je situována v blízkosti vykládací rampy, pod kterou se nachází hlubinný zásobník, kam se uhlí vykládá ze samovysypných železničních vozů. Z hlubinného zásobníku je uhlí pak vyhrnováno pojížděcími vyhrnovacími vozíky na dva pásové dopravníky. Odtud je pak soustavou šikmých a vodorovných dopravníků dopravováno do zásobníků v budově kotelny.

- **Okolí kolejiště a skládka** - vyložené palivo, zvýšená prašnost při vykládce
 - vznik požáru v důsledku lidského faktoru (manipulace s otevřeným ohněm),
 - nedodržení protipožárních předpisů při montážních (svářečských) pracích,
 - na skládce je nebezpečí samovznícení uhlí z důvodu zvýšené vlhkosti a vnitřním zvyšováním teploty.



Obr. 9. Vykládka paliva



Obr. 10. Hlubinný zásobník

- **Hlubinný zásobník, dopravní pásy, přesypy** - vysoká prašnost, v letních měsících příliš suché uhlí
 - vznik zdrojů iniciace působením elektrického proudu elektromotorických zařízení,
 - montážní a servisní (svářecí, řezací) práce,
 - zvýšení teploty popř. vznik jisker zadřením válečků pásových dopravníků, zadření točivých uložení,
 - vznik statické elektřiny v přesypech,
 - lidský faktor.

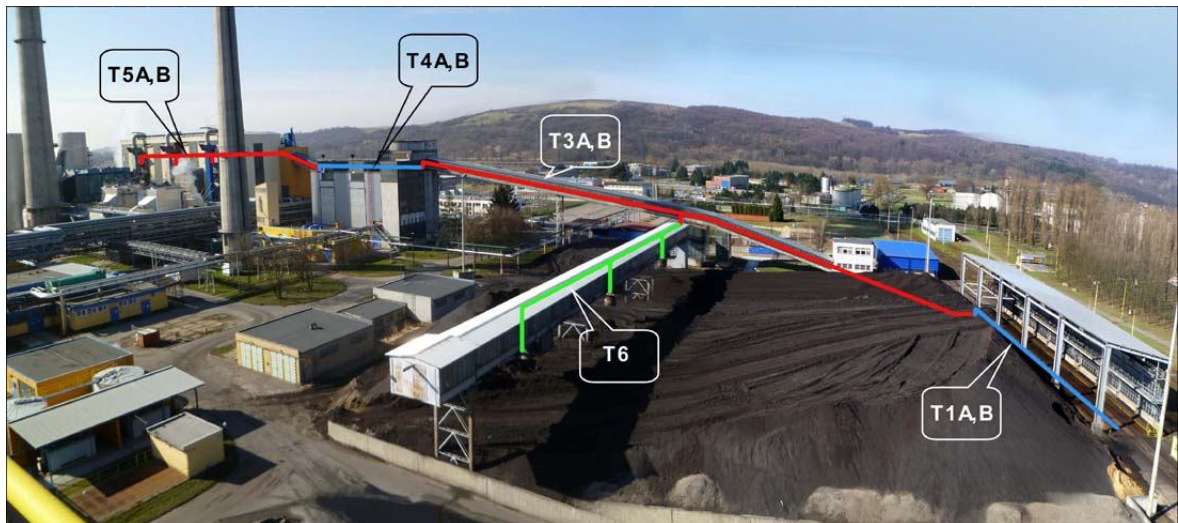


Obr. 11. Pás s válečky



Obr. 12. Vyhrnovací vozík

5.2.2 Pásové dopravníky

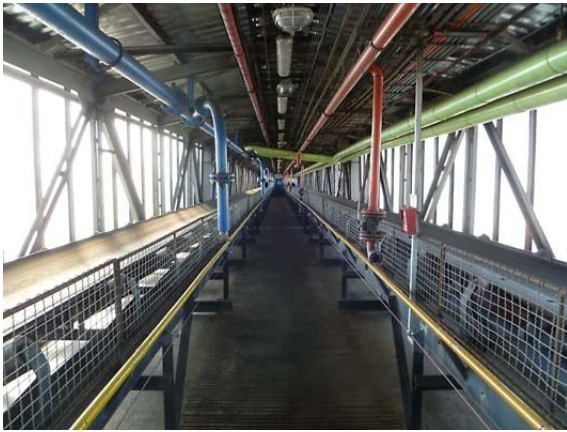


Obr. 13. Znárodnění dopravních tras paliva v TOT a.s.

Pro dopravu hnědého uhlí do zásobníku kotelny se používají gumové pásové dopravníky T1, 3, 4, 5 A, B (Obr. 7, 13). Pro dopravu je použito vždy dvojice dopravníku. Pouze pro dobavu na skladku je instalován pouze jeden pásový dopravník T6. Pod ním se nachází tři tubusy. Ty slouží pro výsyp uhlí na plochu pod dopravním mostem s dopravním pásem za účelem další manipulace a skládkování pomocí nakladače.

Pásové dopravníky jsou uloženy v dopravních mostech. Pro dopravu uhlí z jednoho pásu na druhý slouží přesypy. Celkem jsou zde 4 místa s přesypy. K zajištění dostatečného napnutí těchto dopravních pásů slouží napínací stanice (věže). Jsou tvořeny závažím, která jsou uložena v pohyblivých konstrukcích. V prostorách zauhlovací technologie se nachází celkem 3 napínací stanice:

- napínací stanice na zauhlovacím mostě s pásovými dopravníky T3A a T3B,
 - napínací stanice na zauhlovacím mostě s pásovými dopravníky T6,
 - napínací věž na zauhlovacím mostě s pásovými dopravníky T5A a T5B.
- **Dopravní mosty, napínací věže** - zvýšená prašnost a spad uhlí v místech napínacích věží, sedimentace prachových částic
 - nebezpečí vzniku tepla a jisker v případě zadření nosných válečků vedoucí pásy,
 - vznik jisker třením ocelových konstrukcí v napínacích věžích, lidský faktor.



Obr. 14. Zauhlovací most



Obr. 15. Napínací věž

5.2.3 Přesypy

Jedná se o zařízení, které umožňuje přepravu uhlí z jednoho pásu na druhý. Podle konstrukce jsou přesypy použity jednak pro změnu směru dopravníků anebo přesypy pro pásy ve stejném směru, ale které jsou umístěny nad sebou.



Obr. 16. Přesyp (horní část)



Obr. 17. Přesyp (spodní část)

- **Vnitřní prostor** - vysoká prašnost, zvláště v případě příliš suchého uhlí
 - nebezpečí vzniku tepla a jisker v případě zadření rotačního válce unášejícího pás,
 - montážní a servisní (svářečí, řezací) práce.

5.2.4 Průmyslový vysavač

Průmyslový vysavač je zařízení, které slouží k likvidaci sekundární prašnosti usazeného prachu v prostorách hlubinného zásobníku, zauhlovacích mostů, některých prostorů kotelny a přilehlých konstrukcí.

Jedná se o stacionární vysávací zařízení, které obsahuje elektricky poháněný motorový zdroj sacího podtlaku, soustavu odsávacích potrubí, filtrační odlučovač, hlavní a bezpečnostní filtr a sběrnou nádobu odsátého prachu. Celé zařízení je konstruováno v protiexplozním provedení s nádobami odolnými do maximálního tlaku 0,1 MPa a maximálního podtlaku 0,08 MPa. Rozvody odsávacího potrubí jsou nainstalovány po obou stranách podél jednotlivých pásových dopravníků. Průmyslový vysavač je zároveň vybaven vyprazdňovacím zařízením, které tvoří dávkovací mezinádoba s uzavíracími klapkami na vstupu i na výstupu. Ty slouží rovněž jako prvek bránící přenosu exploze z vysavače do místa vyprazdňování, které je realizováno na dopravní pás a probíhá na základě měření hladiny prašného obsahu ve sběrné nádobě.



Obr. 18. Sběrná nádoba průmyslového vysavače

- **Sběrná nádoba, vyprazdňování** - vysoký obsah prachových částic, únik prachu při vyprazdňování
 - nebezpečí vzniku výbuchu z důvodu vysoké koncentrace zvířeného prachu,
 - statická elektřina.

5.2.5 Zauhlovací bunkry

Jedná se o ocelové, vyztužené konstrukce tvaru kvádrů, které slouží k zásobování kotlů palivem. Spodní část je zúžena do tvaru svodky, kterou padá uhlí na řetězový podavač, kterým se palivo dopravuje do kotlů. Každý kotel má dva bunkry a každý je opatřen dvěma svodkami. Spodní části svodek jsou těsně nad řetězovými podavači opatřeny deskovými uzávěry. Horní část bunkru je tvořena pochůzkou podlahou, která rovněž slouží k uzavření bunkrů a speciálními přesypy s pluhou, které umožňují plnění bunkrů s dopravních pásů. Při plnění bunkru vzniká uvnitř mírný přetlak, který se odvádí potrubím a speciálním odsávacím zařízením přes filtr do venkovního prostoru kotelny. Hladina uhlí je neustále měřena ultrazvukovými hladinoměry a vizualizovaná na řídicím systému na velínu.



Obr. 19. Zauhlovací bunkr



Obr. 20. Plnění bunkru

- **Vnitřní prostor, nahlížečící otvory, okolí plnicího přesypu** - množství zvířeného uhelného prachu, případné netěsnosti
 - nebezpečí vzniku výbuchu z důvodu vysoké koncentrace zvířeného prachu,
 - vznik tepla a jisker v případě zadření rotačních součástí,
 - nebezpečí samovznícení uhelného paliva,
 - vznik CO při nedokonalém spalování v případě samovznícení,
 - elektrický proud,
 - lidský faktor.

5.2.6 Řetězový podavač

Je to zařízení, které slouží k dopravě paliva ze zauhlovacích bunkrů do sušících šachet mlýnských okruhů. Každý kotel je vybaven čtyřmi kusy podavačů. Oproti pásovým dopravníkům je tvořen ocelovým, podélným, uzavřeným tubusem, uvnitř kterého je řetězový pás s příčkami. Pohon je zajištěn motorovou jednotkou s regulací otáček. Hladina paliva na řetězu je snímána ultrazvukovým hladinoměrem a přenášena do řídicího systému. Vzhledem k typu dopravovaného materiálu dochází často k opotřebování součástí, je třeba proto často provádět servisní práce.



Obr. 21. Řetězový podavač paliva



Obr. 22. Hladina paliva v podavači

- **Vnitřní prostor, okolí** - množství zvířeného prachu z paliva, usypávání případnými netěsnostmi
 - nebezpečí vzniku výbuchu z důvodu koncentrace zvířeného prachu,
 - vznik tepla a jisker v případě zadření rotačních součástí,
 - elektrický proud,
 - lidský faktor, montážní a servisní práce.

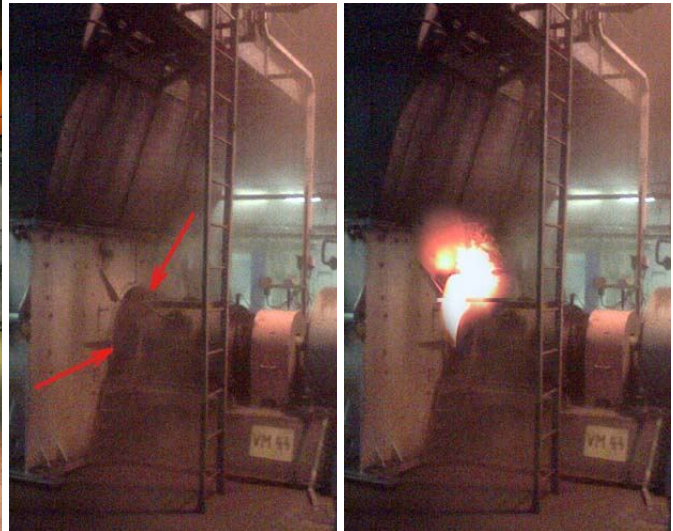
5.2.7 Mlýnský okruh

Tvoří ho soustava mlecích zařízení, která slouží k rozemletí hrubé uhelné frakce na jemnou a zároveň k vysušení paliva. Každý kotel má 4 kusy mlýnských jednotek. Palivo padá do mlýnů z řetězových podavačů skrz sušící šachty, kde je vysušováno nasávanými spalinami ze spalovací komory kotle. Proto je nutné neustále měřit a udržovat danou teplotu, aby nedošlo ke vznícení paliva v mlýnu. K nasávání horkých spalin se využívá ventilačního

účinku mlýnu a rovněž proudění rozemletého paliva do spalovacích trysek je zabezpečeno jeho ventilačním účinkem.



Obr. 23. Mlecí jednotka



Obr. 24. Prášící a hořící mlýn

- **Vnitřní prostor a okolí mlýnu (mlýnice)** - rozemletý uhelný prach, netěsnosti práškovodů, netěsnost kolem hřídele mlýnu
 - nebezpečí vzniku výbuchu z důvodu koncentrace zvěřeného prachu,
 - vysoká teplota, samovznícení paliva,
 - vznik tepla a jisker v případě zadření rotačních součástí,
 - lidský faktor, montážní a servisní práce,
 - elektrický proud.

5.2.8 Odsávání bunkrů

Odsávání přetlaku a zvěřeného prachu při plnění zásobníků je řešeno pomocí filtračního zařízení, které se skládá z elektricky poháněné ventilační jednotky, filtru a potrubních rozvodů. Je umístěno na střeše kotelny a je řešeno jako zařízení stabilní a nepřenosné. Na potrubí vstupujícím do filtru je umístěn protiexplozní komín (Obr. 26). Čištění filtru se provádí pomocí tlakového pulzního vzduchu do společné výsyvky, umístěné pod tělesem

filtru. Do této výsypky se zároveň shromažďuje materiál, odloučený z odsávacího vzduchu a následně je přes rotační podavač (turniket) odváděn pomocí potrubí jeden z dopravních pásů T5A nebo T5B.



Obr. 25. Odsávání přetlaku z bunkrů



Obr. 26. Odsávací jednotka

- **Vnitřní prostor, potrubní rozvody, vyprazdňování** - vysoký obsah prachových částic, únik prachu při vyprazdňování
 - nebezpečí vzniku výbuchu z důvodu vysoké koncentrace zvířeného prachu,
 - statická elektřina.

5.3 Určení a zařazení prostorů s nebezpečím výbuchu

Z bezpečnostní analýzy vyplývá, že v provozu dopravy a přípravy paliva se vyskytuje hnědé uhlí a jeho prachové částice. Dále bylo zjištěno, že v celém provozu dochází k různé úrovni sedimentující prašnosti a z toho důvodu byla provedena následná identifikace zařízení s výskytem hořlavého prachu, který může vytvářet ve směsi se vzduchem výbušné koncentrace. Tato identifikace je zejména prováděna s ohledem na konstrukční provedení zařízení (objem, vliv vnitřních konstrukcí, délky apod.), provozní tlak, teplotu, umístění a výskyt iniciačních zdrojů v zařízeních. Tato identifikace se hodnotí za všech provozních stavů (běžný provoz, najíždění a odstavování technologie a rovněž i očekávané nebo nahodilé poruchy).

Za účelem definování prostředí ve vztahu k nebezpečí výbuchu se stanovuje koncentrace rozvířeného prachu se vzduchem - spodní mez výbušnosti (SMV) násobená koeficientem 0,5 a následně nebezpečná koncentrace (C_{NEB}). Tyto koncentrace se pak porovnávají se skutečnými koncentracemi (C_{SKUT}).

$$C_{NEB} = 0,5 \times SMV \text{ [g/m}^3\text{]}$$

Pro další postup je při stanovování prostředí a zón uvažována pro odsávaný materiál spodní mez výbušnosti $SMV = 49 \text{ g/m}^3$. [6]

Následně pak můžeme vycházet z této nebezpečné koncentrace:

$$C_{NEB} = 0,5 \times SMV = 0,5 \times 49 = 24,5 \text{ [g/m}^3\text{]}$$

- Jsou-li koncentrace směsi prachu se vzduchem v rozvířeném stavu uvnitř zařízení vždy pod hodnotou nebezpečné koncentrace $C_{SKUT} < C_{NEB}$ a současně zde nedochází k vytváření sedimentovaných vrstev prachu, je pak takovéto zařízení ve vztahu k nebezpečí výbuchu považováno za **bezpečné**.

- V případě, že však koncentrace směsi prachu se vzduchem v rozvířeném stavu jsou stejné nebo překračují hodnotu nebezpečné koncentrace $C_{SKUT} \geq C_{NEB}$ anebo zde dochází k vytváření sedimentovaných vrstev prachu, pak je nutné takovéto zařízení stanovit jako **prostředí s nebezpečím výbuchu hořlavých prachů**.

U provozů a zařízení s výskytem hořlavých prachů se následně stanovují zóny, které jsou definovány na základě NV č. 406/2004 Sb., o bližších požadavcích na zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v prostředí s nebezpečím výbuchu. [8]

Rozdělení závisí na době, po kterou se v prostoru vyskytuje výbušná atmosféra:

- **Zóna 20** - prostor, ve kterém je výbušná atmosféra vytvořena oblakem zvířeného hořlavého prachu ve vzduchu, který je přítomen **trvale nebo dlouhou dobu nebo často**.
- **Zóna 21** - prostor, ve kterém je výbušná atmosféra vytvořena oblakem zvířeného hořlavého prachu ve vzduchu, vznikající při běžném provozu **příležitostně**.

- **Zóna 22** - prostor, ve kterém je nepravděpodobný vznik výbušné atmosféry vytvořené oblakem zvířeného hořlavého prachu ve vzduchu při běžném provozu a pokud se tato atmosféra vyskytne pak pouze po **velmi krátkou dobu**.

Prostředí s nebezpečím výbuchu velkého množství hořlavých prachů na základě běžných provozních stavů určuje dle NV č. 406/2004 Sb., u stávajících zařízení provozovatel a v Teplárně Otrokovice a.s. byly klasifikovány do těchto zón (Tab. 3).

Tab. 3. Zařazení prostorů do zón

Prostory	Zóna
Přesypy	22
Tubusy (vnitřní prostory) pod pásovým dopravníkem T6	22
Vysavač - vnitřní obsah	20
Odsávací potrubí vysavače ze všech dopravních pásů	21
Filtr odsávacího zařízení	20
Zauhlovací bunkr	21

Zařazení prostorů do zón se provádí z důvodu stanovení požadavků na elektrická, neelektrická a ochranná zařízení, které určuje NV č. 23/2003 Sb., kterým se stanoví **technické požadavky na zařízení a ochranné systémy určené pro použití v prostředí s nebezpečím výbuchu**. [9]

Veškerá zařízení, jež mohou iniciovat výbuch a nachází se v prostředí s nebezpečím výbuchu, pak musí splňovat dané požadavky a musí být označeny na výrobním štítku písmeny Ex (Obr. 27).



Obr. 27. Označení zařízení do výbušného prostředí

Dílčí závěr

Z podstaty vzniku výbuchu vyplívá, že nejdůležitějšími faktory pro jeho vznik jsou iniciační zdroj a prostředí s výbušnou atmosférou. Iniciační zdroj je jev, při kterém se do okolí uvolňuje takové množství energie, která stačí k zažehnutí okolní výbušné atmosféry. V případě provozu zauhlování se jedná převážně o horké povrchy, plameny a jiskry vznikající při svařovacích nebo řezacích pracích, jiskření elektrických zařízení, a také samovznícení uhelného prachu.

Za prostředí s výbušnou atmosférou se považuje prostředí, ve kterém se v určitém časovém úseku nachází takové množství prachových částic, které může být v případě iniciace příčinou výbuchu. Podle toho, jakou dobu se prašné prostředí v konkrétním provozu vyskytuje, zařazujeme tyto prostory do jednotlivých zón 20, 21 a 22., které jsou klasifikovány dle přílohy č. 1 části 2 NV č.406/2004 Sb.

V případě Teplárny Otrokovice a.s. byla provedena analýza všech prostorů s výskytem uhelného prachu a zároveň stanoveny možné zdroje iniciace. Mezi nejrizikovější prostory z hlediska možnosti výbuchu patří na základě analýzy průmyslový vysavač a filtr odsávací jednotky zauhlovacích bunkrů neboť se zde prachové částice nachází téměř neustále.

6 ANALÝZA TECHNICKÝCH PROSTŘEDKŮ KE SNÍŽENÍ RIZIKA VÝBUCHU A POŽÁRU

K omezení rizik spojených s výbuchem nebo požárem uhelného paliva máme v dnešní době spoustu prostředků. Některá opatření jsou vyžadována přímo legislativou, neboť ochrana zdraví a života zaměstnanců je zaměstnavatelům nařizována zákonem, některá ale může podnik realizovat na základě svých finančních i technických možností. O jaké prostředky se jedná, pojednává následující přehled spolu s popisem jednotlivých principů.

6.1 Legislativní požadavky na zařízení

V oblasti ochrany před výbuchem platí jednotná evropská legislativa, která má dvě základní úrovně:

- vrcholová úroveň - tzv. direktiva ATEX (z francouzského Atmosphère Explosif - výbušná atmosféra), je platná pro všechny členské státy Evropské unie,
- nižší úroveň - harmonizované technické normy, které se týkají výbuchu.

Direktiva ATEX obsahuje dvě evropské směrnice, označené 94/9/EC - ATEX 100 (nebo ATEX 100a) a 99/92/EC (ATEX 137). Každý členský stát přijal tyto direktivy do svého právního řádu na úrovni zákona a mohl jejich dopady zpřísnit (nesměl je však zmírnit). V České republice jsou direktivy přijaty jako nařízení vlády (ATEX 100 jako NV 23/2003 Sb. a ATEX 137 jako NV 406/2004 Sb.). Obě česká nařízení vlády jsou přesnými překlady originálů, v ČR tedy neplatí přísnější pravidla než v jiných státech. [10]

Toto nařízení se vztahuje na všechny stávající a nové provozy, ve kterých se vyskytují výbušné prachy. Přitom není rozhodující, zda se prach v prostředí vyskytuje samostatně nebo jako součást materiálu s větší zrnitostí.

Nutnost dbát na zabezpečení provozů s dopravou a zpracováním uhelného paliva proti výbuchu však není dána pouze legislativními požadavky, ale také snahou dbát na další zájmy podniku. Těmi jsou hlavně ochrana zdraví vlastních i cizích zaměstnanců přicházejících s danými provozy do kontaktu a zároveň ochrana technologie podniku před škodami způsobenými destruktivními účinky výbuchu a požáru.

V případě ztrát na životech nebo poškození zdraví zaměstnanců, může dojít k soudním sporům, ztrátě dobrého jména firmy a rovněž ekonomické ztráty způsobené případným výpadkem výroby mohou jít do obrovských částek. Celkové náklady pak vždy zahrnují

náhrady způsobených škod, realizaci nových projektů, materiál na rekonstrukci zařízení, zajištění oprav poškozeného zařízení, náklady na výstavbu nového zařízení apod.

Při návrhu zabezpečení je třeba si uvědomit a stanovit, která část dané technologie může v případě poškození nejvíce ohrozit chod podniku a především tam pak směřovat pozornost. Tímto je myšlena skutečnost, že ne všechny případy vzniku požáru nebo výbuchu mohou být pro podnik katastrofální. Např. zahoření paliva na skládce může způsobit problémy (pokud by se žhavé ložisko dostalo do dalších technologií, mohou být značné), ale v případě včasné identifikace se dá snadno zneškodnit a zabezpečit proti dalšímu šíření. V případě poškození mlecí jednotky následkem výbuchu se může její vadná část odstavit a uvést do provozu záložní, ale v případě havárií společných částí je situace jiná. [11]

Z těchto důvodů vyplývá, že zabezpečení proti výbuchu spolu s prevencí nelze podceňovat.

6.2 Technické prostředky k ochraně provozu

Na základě analýzy provozu a veškerých zařízení z hlediska výskytu výbušné atmosféry a analýzy zdrojů iniciace je třeba stanovit co nejúčinnější způsob ochrany.

Ochranou daného prostoru se obecně snažíme o zabránění vzniku výbuchu, popř. o minimalizaci tlakových účinků exploze na zařízení a zároveň bráníme přenos exploze z místa vzniku do jiných částí technologie provozu. Pro dosažení požadované úrovně bezpečnosti máme možnost využít mnoha technických opatření. Podle toho, jakým způsobem zasahují do dané technologie, rozeznáváme:

- preventivní technická opatření - umožňují vyloučení iniciačních zdrojů, popřípadě umožňují jejich včasné zjištění a likvidaci,
- ochranná technická opatření - umožňují omezit případné účinky výbuchu na přijatelnou mez.

6.2.1 Preventivní technická opatření

Jejich úkolem je co nejúčinněji předcházet vzniku a výskytu některého prvku z výbuchového trojúhelníku (Obr. 8). Z hlediska možností technického zabezpečení lze zejména omezit nebo zcela vyloučit vznik iniciačních zdrojů anebo omezit tvorbu prашného prostředí.

Podle analýzy zdrojů iniciace se jeví jako nejuvažovanější možné zdroje:

- lidský faktor - manipulace s ohněm, nedodržení pracovních postupů, porušování bezpečnostních opatření,
- vlastní zařízení - poruchy, provozní stavy.

Podle toho, který zdroj hodláme omezit, můžeme použít následující prostředky.

6.2.1.1 Integrovaný identifikační systém kontroly vstupu

Podstata - kontrola vstupu, zabránění přístupu neoprávněných osob do vyhrazených prostorů, sledování pohybu osob v jednotlivých zónách, jejich přesná evidence týkající se identifikace a počtu (v případě vzniku nebezpečí), sledování délky pobytu osob v nebezpečném prostředí. [12]

Realizace - opatření vstupních výplní (dveře, vrata) elektronickými zámkovými systémy s čtečkami identifikačních karet. Osoba se identifikuje zaměstnaneckým průkazem a přístup je povolen jen určeným osobám.

Výhody - přesná identifikace vstupu, zabránění vstupu neoprávněným osobám.

Nevýhody - instalace rozsáhlé kabeláže spojující všechny vstupy do jednoho centra, náklady na projekt, montáž a servis.

6.2.1.2 Kamerový systém

Podstata - kontrola pohybu osob, v případě vstupu osob do sledovaného prostoru je možnost zaznamenat jejich činnost (osoby provádějící běžnou obsluhu nebo pracovníci servisních organizací), zpětně vyhledat osoby, které mohly svou činností zapříčinit vznik požáru. [12]

Realizace - instalace kamerového systému ve stanovených prostorech.

Výhody - zajištění kontroly pohybu osob, snadné dokazování neoprávněných manipulací při obsluze nebo probíhajících opravách, možnost nepřetržitého monitoringu nebo reagujícího na stanovený signál (pohyb, otevření dveří, atd.).

Nevýhody - instalace rozsáhlé kabeláže spojující všechny kamery do jednoho centra, nutnost použití kamer do prostředí s vysokou prašností a teplotou, náklady na projekt, montáž a servis.

6.2.1.3 Elektrická požární signalizace

Podstata - včasná identifikace vznikajícího požáru prostřednictvím detekce zvýšení teploty, vzniku kouře, viditelných příznaků plamene, hlavními úkoly jsou rychlé a spolehlivé určení místa požáru již v samém počátku zahoření, předání této informace na požární ústřednu, přivolání pomoci, vyhlášení poplachu a v součinnosti s SHZ popř. zahájit likvidaci požáru. [12]

Realizace - instalace souboru zařízení EPS, který tvoří požární ústředna, požární hlásiče manuální, automatické (teplotní hlásiče, ionizační hlásiče kouře, optické hlásiče plamene, teplotní kabely, požární videodetekce, ochranné systémy detekce jisker a žhavých částic).

Výhody - zabezpečení určených prostorů proti vzniku požáru, odpadá nutnost stálé fyzické kontroly provozu, nepřetržité střežení, nastavení citlivosti pro různá prostředí, v případě detekce jisker okamžitá aktivace hašení, popř. zastavení provozovaného zařízení.

Nevýhody - instalace rozsáhlé kabeláže, podle použité technologie velké náklady, výskyt planých poplachů.

6.2.1.4 Stabilní hasící zařízení

Podstata - v případě detekce vzniku požáru jeho uhašení v jeho počátečních fázích, nebo pro udržení požáru pod kontrolou, než jeho může být dokončeno jinými prostředky.

Realizace - instalace zdroje vody a potrubních rozvodů, v případě chemického hašení instalace láhví s inertním plynem, napojení na EPS a automatické požární hlásiče, popřípadě na vlastní ústřednu.

Výhody - včasné uhašení vznikajícího požáru, ochrana dalších zařízení, předcházení vysokým škodám.

Nevýhody - rozsáhlá montáž potrubních rozvodů, náklady na realizaci, pravidelná údržba, zabezpečení vodních rozvodů proti zamrznutí.

6.2.1.5 Skrápěcí zařízení

Podstata - u zařízení, kde dochází k vysoké tvorbě prachových částic (přesypy, vyhrnovací vozíky, plnění bunkrů, vyprazdňování vysavače) zajistit vodní mlhou snížení prašnosti.

Realizace - instalace potrubních rozvodů se systémem trysek na tvorbu vodní mlhy, nádrže na vodu a čerpadlového systému, instalace řídicího systému spouštění skrápění.

Výhody - omezení tvorby prашného prostředí, zmírnění nebezpečí výbuchu.

Nevýhody - montáž rozsáhlého potrubního systému, nutné zabezpečení proti zamrznání potrubí v zimních obdobích, častá kontrola těsnosti vodního systému, kontrola trysek a celého tlakového systému, v případě poruchy nebezpečí poškození ostatního zařízení, popř. nežádoucí zvlhčení dopravovaného paliva.

6.2.2 Ochranná technická opatření

Jejich úkolem je v případě vzniku výbuchu a požáru výrazně omezit jejich účinky a zabránit co nejvíce rozšíření požáru na okolní prostory a zařízení. Ke splnění tohoto požadavku můžeme použít několik typů ochranných systémů, které můžeme podle způsobu zásahu dělit do dvou skupin:

- pasivní - jsou založeny pouze na mechanickém principu, bez možnosti zásahu obsluhy,
 - **výhody** - menší pořizovací náklady, menší náklady na obsluhu a provoz
 - **nevýhody** - malá variabilita použití
- aktivní - jejich úkolem je detekovat projevy exploze, rozhodnout o zásahu a aktivovat případný zásah, kterým se omezí účinky vzniklé exploze.
 - **výhody** - široké možnosti použití, promyšlená moderní technologie, vysoká účinnost, velká úroveň bezpečnosti
 - **nevýhody** - poměrně vysoké náklady

Vlastní ochranu proti výbuchu pak můžeme realizovat následujícími způsoby.

6.2.2.1 Odlehčení výbuchu

Podstata - umístění dostatečného počtu odlehčovacích prvků (membrány, ventily, klapky) na povrchu pláště způsobí snížení tlaku uvnitř zařízení. Působením výbuchového tlaku se tyto prvky otevřou a uvolní působící tlak ze zařízení do okolí, nejlépe do venkovních prostorů. Tím docílíme snížení namáhání pláště a jeho poškození.

Realizace - montáž odklopných nebo průtržných membrán, ventilů nebo klapek.

Výhody - většinou nižší pořizovací i provozní náklady než při řešení jinými způsoby. Umožnění ochrany i u zařízení velkých objemů.

Nevýhody - použití většinou na venkovních zařízeních nebo zařízeních situovaných co nejbližší venkovnímu prostředí, neboť unikající tlak a hořlavé směsi z membrán mohou způsobit jiná nebezpečí. V případě vnitřních prostor je třeba použít speciální řešení s vyvedením do atmosféry. Nutnost výměny použitých membrán.



Obr. 28. Odlehčovací membrány [13]

6.2.2.2 Potlačení výbuchu

Podstata - v případě exploze zachytí detektory výbuchu nárůst tlaku nebo příznaky plamene, řídicí jednotka vyhodnotí přijatý signál a otevřením jednoho nebo více akčních prvků zajistí vpuštění hasiva přes rozprašovače do určeného prostoru. Tím je uhašen vznikající výbuch ještě ve svém zárodku.

Realizace - instalací systému, který je tvořen řídicí jednotkou, vyhodnocovacím softwarem, akčními prvky (nádoby s hasivem se speciálním rychlootvácím ventilem) a detektory výbuchu. Pro detekci výbuchu se používají převážně tlakové nebo optické detektory, které reagují na počáteční projevy výbuchu, kterými jsou nárůst tlaku nebo výbuchový plamen.

Výhody - používá se převážně u zařízení umístěných uvnitř budovy, ale i pro vnější prostory, může se použít několikanásobně, osvědčená technologie, komunikace se systémem umožňuje záznam dat (událostí) z detektorů. Volbou správného způsobu zabezpečení bývá dosaženo zároveň zabránění přenosu výbuchu do okolí. Rychlá reakce systému.

Nevýhody - většinou vyšší pořizovací náklady a náklady na provoz.

6.2.2.3 Systém zhášení jisker

Podstata - v případě vzniku jisker a jejich vniknutí do prostoru s výbušnou atmosférou zareagují během několika milisekund vysoce citlivé optické nebo teplotní detektory a

jejich impuls okamžitě přijímá řídicí ústředna. Ta na základě elektronického rozboru aktivuje rychloventil a hasicí hubicí je do místa s obsahem jisker nebo žaru vpuštěno hasicí médium.

Realizace - instalací systému, který je tvořen řídicí jednotkou, citlivými optickými a teplotními detektory, vyhodnocovacím softwarem a akčními prvky (nádoby s hasivem se speciálním rychlootevíracím ventilem).

Výhody - používá se převážně u zařízení umístěných uvnitř budovy, vhodný pro potrubní rozvody, může se použít několikanásobně, variabilní stavebnicový systém, záznam dat (událostí) z detektorů, rychlá reakce systému.

Nevýhody - v případě dlouhého provozu rozsáhlá kabeláž a potrubní rozvody, většinou vyšší pořizovací náklady a náklady na provoz.



Obr. 29. Systém zhášení jisker [13]

6.2.2.4 Zabránění přenosu výbuchu

Podle způsobu zabezpečovacího systému máme dva typy systémů:

- pasivní (mechanické) - při detekci plamene dochází k mechanickému uzavření chráněné trasy,
- aktivní (chemické) - při detekci plamene dochází k aktivaci systému, který vpusť do chráněného potrubí hasivo.

6.2.2.5 Zabránění přenosu výbuchu - mechanické

Podstata - zabránění přenosu výbuchového plamene a tlaku potrubními rozvody a jinými cestami do dalších částí technologie, kde by se mohly stát možnými extrémními iniciačními zdroji.

Realizace - instalace zpětných klapek nebo uzavíracích šoupátek, které mohou být pasivní, kdy k jejich uzavření dochází pomocí vlastního výbuchového tlaku nebo aktivní s elektronickým řízením.

Výhody - systém umožňuje zabránit přenosu plamene i tlaku, takže je vhodný i jako ochrana osob před výbuchovými účinky. Klapky jsou levnější než šoupátka a jsou téměř bezúdržbové, neboť nevyžadují přívod elektřiny nebo tlakového vzduchu k pohonům. Šoupátka navíc umožňují obousměrnou funkci.

Nevýhody - klapky jsou použitelné pouze do kruhových potrubí o průměru od 100 do 500 mm a jejich funkce je pouze jednosměrná. V případě použití šoupátek jsou vyšší pořizovací náklady, neboť je třeba instalovat elektrické nebo pneumatické pohony.



Obr. 30. Mechanická klapka a HRD bariéra [13]

6.2.2.6 Zabránění přenosu výbuchu - chemické

Podstata - zabránění přenosu výbuchového plamene a tlaku potrubními rozvody a jinými cestami do dalších částí technologie uhašením plamene pomocí hasícího prostředku. Jedná se o tzv. HRD (High Rate Discharge) bariéry.

Realizace - instalace systému, který je podobný jako systém na potlačení výbuchu, liší se pouze častějším použitím optických detektorů a jiným softwarem řídicí jednotky.

Výhody - funkce systému je obousměrná a lze použít v kruhových potrubích, i v potrubích jiného průřezu a je vhodný i do potrubních rozvodů, jejichž světlost neumožňuje použít klapky.

Nevýhody - v porovnání s mechanickými uzavíracími systémy představuje vyšší pořizovací i provozní náklady.

Celková úroveň bezpečnosti ale vždy vychází z kombinace technických a organizačních opatření. Organizační opatření zahrnuje především školení vlastních zaměstnanců a rovněž zaměstnanců externích firem, které provádí servisní a montážní práce v nebezpečném provozu. Spočívají hlavně v systému povolování prací v prostředí se zvýšeným nebezpečím a rovněž musí obsahovat havarijní předpisy pro případ výbuchu, označení všech vstupů do prostorů s nebezpečím výbuchu a značkami podle NV 405/2004 Sb.

Dílčí závěr

Z analýzy technických prostředků ke snížení rizika vzniku výbuchu je zřejmé, že pokud je v podniku zájem na řešení této problematiky, existuje široký sortiment zabezpečovacích systémů. Ty lze použít jak k preventivním opatřením, tak k opatřením, které nám mají v případě výbuchu určitým způsobem okolní provoz ochránit. Souhrnný přehled možných zařízení je v tabulce.

Tab. 4. Přehled technických prostředků k omezení výbuchu

Technické prostředky ke snížení rizika výbuchu uhelného paliva	
Preventivní opatření	Ochranná opatření
Identifikační systém kontroly vstupu	Odlehčení výbuchu
Kamerový systém	Potlačení výbuchu
Elektrická požární signalizace	System zhášení jisker
Stabilní hasící zařízení	Zabránění přenosu výbuchu
Skrápěcí zařízení	

7 NÁVRH REŽIMOVÝCH A TECHNICKÝCH OPATŘENÍ

Při návrhu režimových a technických opatření k zabezpečení technologie dopravy a zpracování paliva je vždy nutné vycházet z toho, jakého cíle hodláme dosáhnout a co je v našich možnostech opravdu možné realizovat.

V souvislosti se zabezpečením dopravy uhelného paliva by cílem mělo být zejména:

- snížení rizika vzniku výbušné atmosféry,
- omezení vzniku zdrojů iniciace,
- zmírnění následků případného výbuchu.

Vlastní návrh pak musí vycházet z místních podmínek každého podniku, které závisí na:

- složitosti provozu (různé technologie, odlišné místní provozní předpisy),
- rozsahu (daný hlavně celkovým výkonem výroby, typem výstupních produktů),
- počtu provozních zaměstnanců,
- způsobu zajišťování oprav (vlastními pracovníky nebo pracovníky externích firem).

Všechny tyto skutečnosti je třeba vzít v úvahu, neboť pouze s ohledem na ně je možné stanovit účinná opatření. Každý podnik si pak musí vypracovat na základě svých specifických podmínek svá vlastní nařízení a předpisy, které se mohou lišit, ale některá by měla být závazná (daná příslušnými normami) a standardní pro všechny.

7.1 Režimová opatření

Režimová opatření ke snížení rizika vzniku výbuchu musí obsahovat dokumentaci, která by měla upřesňovat všechny záležitosti, týkající se organizace provozu, činností osob, které přichází do styku s nebezpečným prostředím a zároveň všech ostatních zaměstnanců.

Tato dokumentace by se měla zabývat následujícími oblastmi:

7.1.1 Optimalizace vykládky paliva

S ohledem na problematiku železniční dopravy plánovat dodávku paliva tak, aby bylo možné vykládku realizovat převážně v ranní, popř. odpolední směně za normální viditelnosti a v dostatečném počtu pracovníků.

7.1.2 Efektivní režim zauhlování

Na základě vyhodnocení celkových výkonů organizovat cykly zauhlování kotlů tak, aby bylo možné zrušit, popř. minimalizovat zauhlování během noční směny. Toho lze dosáhnout optimalizací plnění bunkrů tak, aby na konci odpolední směny bylo zajištěno úplné zaplnění bunkrů palivem. Vzhledem k výkonům kotlů a obsahu bunkrů je to možné.

7.1.3 Organizace práce

V případě omezení zauhlování v průběhu noční směny zabezpečit pracovníky zauhlování vyšší kvalitu a frekvenci úklidu na pracovišti. V té době je zařízení mimo provoz, je tedy umožněno provést úklid i ve špatně přístupných místech.

7.1.4 Kvalifikace pracovníků

Každé pracovní místo by mělo být obsazeno dostatečným počtem pracovníků, kteří mají zdravotní způsobilost vykonávat danou práci. Měli by mít dostatečné zkušenosti a výcvik pro provádění svých pracovních povinností a úkolů souvisejících s ochranou proti výbuchu. Dále dokonale seznámeni s pracovištěm a hlavně s prostory s nebezpečím vzniku výbušného prostředí. Své znalosti by měli po určité době prokazovat formou přezkoušení.

7.1.5 Školení zaměstnanců

Zaměstnanci musí být v dostatečném rozsahu proškoleni o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci v prostředí s nebezpečím výbuchu, a to:

- při nástupu do zaměstnání,
- při jejich převodu nebo změně práce,
- je-li poprvé uvedeno do provozu nové výrobní zařízení.

Školení by měl provádět předem prověřený zaměstnanec, jehož teoretické znalosti a praktické znalosti týkající se obsluhy těchto zařízení a ochranných systémů byly prokazatelně ověřeny.

Následné školení zaměstnanců se musí opakovat ve stanovených intervalech. V rámci školení je třeba je seznámit zejména s těmito dokumenty:

- s dokumentací o ochraně před výbuchem,
- s preventivními a ochrannými opatřeními,

- s instrukcemi ke kontrole přítomnosti výbušné atmosféry,
- s písemnými pokyny a příkazy k provedení práce,
- se způsobem používání osobních ochranných pracovních prostředků a pracovních pomůcek.

Obsah dokumentů by měl být následující:

7.1.5.1 Dokumentace o ochraně před výbuchem

Musí obsahovat popis a specifikaci provozu, určení míst s nebezpečím výbuchu, které vychází z provedené bezpečnostní analýzy a seznámení s technickými prostředky pro ochranu před výbuchem a požárem (I&HAS, EPS, SHZ). Dále musí obsahovat plán umístění hasících prostředků, plán únikových cest a požární plán. V souvislosti se zabezpečením požární prevence je nutné stanovit požární hlídky, jejichž členové budou náležitě proškoleni.

7.1.5.2 Preventivní a ochranná opatření

Musí obsahovat instrukce k činnostem osob obsluhující daný provoz. Tzn. popisy pracovních činností jednotlivých profesí, plán a způsob provádění kontroly zařízení, zejména elektrických zařízení včetně instalací, mechanických točivých a pohyblivých částí (hřídele, válečky), zpracovaný systém předávání informací (zázpisy při předávání směn do předávacích knih, elektronická databáze žádank na opravy).

7.1.5.3 Instrukce ke kontrole přítomnosti výbušné atmosféry

Výbušná atmosféra by měla být kontrolována vždy při uvádění zařízení do provozu anebo při podezření, že se usazuje na zařízení nebo v jeho blízkosti hořlavý, rozvířený prach. V prostorách uvnitř staveb by se měla tato kontrola provádět pravidelně na základě konkrétních provozních předpisů. Ke snížení rizika vzniku výbušné atmosféry je nutné zpracovat zejména plán úklidu (rozdělení pracoviště na úseky, za které je zodpovědná určená osoba) a harmonogram provádění úklidu (během provozu, při odstaveném provozu). Provedený úklid musí zajistit, že výskyt sedimentovaných vrstev a jejich velikost nemohou vytvářet výbušné koncentrace nebo je budou minimalizovat.

7.1.5.4 Pokyny a příkazy k provedení práce

Musí obsahovat instrukce spojené se zadáním a prováděním pracovních úkolů, tzn., že musí mít všechny náležitosti k zabezpečení jednak BOZP a jednak ochrany před vznikem výbuchu. Např. počet osob provádějících danou práci, druh práce, technologický postup, popis možných rizik, popis prostředí, pokyny k zajištění celkové bezpečnosti, atd. Všechny tyto informace musí být na zvláštním protokolu tzv. „příkazu V“, který musí vedoucí práce převzít a svým podpisem potvrdit, že byl seznámen se všemi uvedenými okolnostmi. Důraz musí být kladen zejména na práce, při nichž hrozí vznik iniciačních zdrojů a to:

- svařování elektrickým obloukem nebo plamenem,
- řezání a broušení,
- práce na elektrickém zařízení.

Těmito pokyny se musí řídit i pracovníci externích firem.

Existence a stejně tak základní body „příkazu V“ na práci v prostředí s nebezpečím výbuchu je dána zákonem 406/2004 Sb., ale celkovou podobu si vytváří vlastní organizace.

Příkaz na práci by měl obsahovat následující informace:

- Datum a čas zahájení a ukončení činnosti
- Zaměstnanec odpovědný za provedení práce
- Složení pracovní skupiny, vykonávající práce
- Jmenovité určení svářečů s uvedením dokladu o odborné způsobilosti
- Identifikace (označení) pracoviště, kde bude práce vykonávána
- Podmínky z hlediska provozování technologie - provoz / mimo provoz
- Nebezpečné látky v prostoru vykonávané práce
- Možná rizika a ohrožení nebezpečnými látkami při provádění práce
- Preventivní bezpečnostní opatření a protipožární opatření v místě provádění práce před jejím zahájením:
- Organizační preventivní opatření
 - seznámení vedoucího zaměstnance kotelny s dobou a rozsahem zahájení prací,

- seznámení členů pracovní skupiny s možnými riziky,
- seznámení členů pracovní skupiny s předem určenými únikovými cestami,
- stanovení místa pro vypnutí přívodu elektrické,
- zabezpečení okolí místa provádění.
- Technická preventivní opatření
 - vybavení členů pracovní skupiny ochrannými prostředky,
 - vybavení členů pracovní skupiny pracovním oděvem a pracovní obuví z materiálů vylučujících vznik statické elektřiny,
 - určení osob vykonávajících požární dohled,
 - vybavení pracoviště předem vhodným druhem a počtem hasících prostředků,
 - stanovení ochranných pásem (§ 5, odst. (8), vyhláška 87/2000 Sb.),
 - vybavení členů pracovní skupiny pracovními nástroji a náradím vhodnými do prostředí s nebezpečím výbuchu,
 - rozmístění technického vybavení proti rozstříku a odlétání žhavých kovových částic.
- Opatření po dobu konání práce
- Kontrola v průběhu práce
- Nepřetržité vykonávání požárního dohledu
- Zabezpečení zaměstnanců na pracovišti
 - vybavení pro případ nutnosti poskytnutí první pomoci,
 - způsob ukládání svařovaného materiálu,
 - způsob zabezpečení tlakových láhví,
 - určení bezpečného místa na ukládání nedopalků elektrod.
- Bezpečnostní a protipožární opatření při vzniku ohrožení
- Kontrola po ukončení prací
- Podpis odpovědného zaměstnance

7.1.5.5 *Používání osobních ochranných pracovních prostředků a pomůcek*

Riziko iniciace výbušné atmosféry musí být bráno v úvahu také při výběru osobních ochranných pracovních prostředků. Zaměstnanci, kteří se zdržují v prostorech s nebezpečím výbuchu, musí být vybaveni (a jsou povinni je používat) osobními ochrannými prostředky, resp. ochrannými oděvy a obuví, které jsou navrženy a vyrobené tak, aby se nemohly stát zdrojem elektrostatického nebo elektrického výboje, čímž by mohly způsobit vznícení výbušné směsi nebo zažehnutí výbušné atmosféry. Tento pracovní oděv a pracovní obuv musí být deklarovány prohlášením o shodě dle NV č.21/2003 Sb., přílohy č. 4. Ochranný oděv musí mít patřičnou technickou dokumentaci dodávanou výrobcem - viz příloha č. 3 NV č.21/2003 Sb., a musí být označen známkou CE. To platí i pro zaměstnance externích firem.

7.1.6 **Další opatření**

Pracoviště a zařízení přístupné zaměstnancům musí být udržováno a používáno tak, aby nebezpečí výbuchu bylo sníženo na minimum. V případě vzniku výbuchu musí být omezeno jeho šíření na pracovišti a v konkrétním zařízení a musí být přijata vhodná opatření ke snížení rizika ohrožení zaměstnanců, které plyne z fyzikálních vlastností výbuchu. Z toho důvodu musí být pracoviště vybaveno zařízením, které zaměstnance na nebezpečí upozorní světelným signálem, zvukovým signálem, případně jejich kombinací tak, aby mohli opustit pracoviště dříve, než budou ohroženi výbuchem. Zaměstnanci musí mít možnost rychle a bezpečně opustit prostor ohrožený výbuchem únikovými cestami. Tyto únikové cesty musí být k těmto účelům udržovány trvale volné.

Narizení vlády č.405/2004 Sb. stanoví, že místa vstupů do prostorů, kde může vznikat nebezpečná výbušná atmosféra v takovém množství, že ohrožuje zdraví a bezpečnost pracovníků, musí být označena zaměstnavatelem výstražnou značkou (Obr. 31). [14]



Obr. 31. Označení vstupů

K této výstražné značce mohou být připojeny další podrobnost, uvádějící např. povahu a četnost vzniku nebezpečné atmosféry (látky a zóny). Může být žádoucí umístit další výstražné značky, např. zakazující používání mobilních telefonů, kouření apod. Touto značkou být označeny veškerá zařízení, kde je stanoveno prostředí s nebezpečím výbuchů hořlavých prachů. Pracovníci musí být seznámeni se značkami a jejich významem v průběhu jejich výcviku či školení.

7.2 Technická opatření

7.2.1 Hlubinný zásobník, dopravní pásy a přesypy

Současné zabezpečení - Podél všech pásových dopravníků je instalovaný rozvod požární vody (hydrant) a rozvod SHZ. Prostory HZ a zauhlovacích mostů jsou vybaveny tepelným kabelem a požárními hlásiči, které komunikují s požární ústřednou a s SHZ. K odstraňování sedimentovaného prachu je instalováno odsávací potrubí průmyslového vysavače.

Doporučení:

- všechna místa přesypů vybavit skrápěcím zařízením, včetně prostoru v místě plnění zauhlovacích bunkrů, všechny komponenty instalovaných skrápěcích systémů musí být pravidelně kontrolovány a udržovány tak, aby byla zajištěna maximální provozuschopnost tohoto zařízení,
- instalovat manžety za účelem snížení prašnosti.

7.2.2 Napínací stanice (věže)

Současné zabezpečení - Požární hlásiče (teplotní a kouřové) komunikující pouze s požární ústřednou.

Doporučení:

- vyloučení možnosti výskytu prostředí s nebezpečím výbuchu hořlavých prachů instalací rozvodu odsávacího potrubí průmyslového vysavače a zajištění pravidelného úklidu, podmínky pro úklid je nutné zahrnout do dokumentace režimových opatření a provozních předpisů,
- rozšířit hasící rozvody z SHZ a vybavit komunikací s požárními hlásiči.

7.2.3 Průmyslový vysavač

Současné zabezpečení - Průmyslový vysavač (typ FO 20 JET Ex) je řešen s pasivní protivýbuchovou ochranou pomocí uvolnění exploze a zabránění jejího přenosu. Součástí vysavače je odlehčovací ventil pro uvolnění exploze z nádoby hlavního filtru a tím zredukování výbuchového tlaku uvnitř hlavního filtru na únosnou mez. Tento ventil je umístěn přímo na vlastní nádobě hlavního filtru. Za tímto protiexplozním ventilem se vyskytuje bezpečnostní zóna, do které v případě exploze budou z hlavního filtru uvolněny produkty exploze.

Doporučení:

- na odsávací potrubí před vstupem do vysavače umístit zpětnou klapku, která by zabránila v případě exploze prachových částic uvnitř nádoby vysavače přenosu exploze z vysavače do potrubních rozvodů,
- podle místních podmínek tyto klapky, popř. ventily umístit v dalších místech sacího potrubí,
- do prostoru výsyvky instalovat HRD bariéru pro uhašení případného výbuchu,
- prostor vyprazdňování opatřit skrápěním,
- všechna elektrická, neelektrická a ochranná zařízení musí splňovat požadavky vyplývající z NV č.23/2003 Sb.



Obr. 32. Návrh instalace HRD bariéry

7.2.4 Odsávání bunkrů

Současné zabezpečení - Filtrační jednotka, která je zařazena do zóny 20, je umístěna na střeše kotelny. Filtr je vybaven z bezpečnostního hlediska pevnostně zesíleným pláštěm a proti výbuchu hořlavých prachů je zabezpečený zařízením na uvolnění exploze - membránami a protiexplozním komínem. Celkem jsou nainstalovány dvě membrány. Vyprazdňování odsátého uhlí z filtrační jednotky je řešeno svodkou s rotačním podavačem, který zároveň slouží jako prvek bránící přenosu exploze.

Doporučení:

- výstup z podavače opatřit skrápěcím zařízením ke snížení prašnosti,
- odsávací potrubí vybavit HRD bariérami k zabránění přenosu případného výbuchu do zauhlovacích bunkrů,
- všechna elektrická, neelektrická a ochranná zařízení musí splňovat požadavky vyplývající z NV č.23/2003 Sb.



Obr. 33. Návrh instalace HRD bariéry

7.2.5 Zauhlovací bunkry

Současné zabezpečení - Odlehčení výbuchu do bezpečnostní zóny na střeše kotelny přes odsávací potrubí. Odsáváním přetlaku při plnění bunkru slouží zároveň k odprašení.

Doporučení:

- horní část stěn opatřit přetlakovými mechanickými klapkami z důvodu snížení rizika destrukce v případě výbuchu.

7.2.6 Mlýnské okruhy

Současné zabezpečení - Manuální hašení vodou pomocí rozvodu hasící vody a trysek směřujícím do prostoru mlýnu v případě vzniku požáru.

Doporučení:

- nasávací šachty mlýnů opatřit systémem zhášení jisker, neboť při nasávání horkých spalin pro sušení paliva hrozí nebezpečí vniknutí žhavých částí do vznosu rozemletého paliva.

7.3 Další technická doporučení**7.3.1 Kamerový systém**

Vzhledem k tomu, že je v současnosti hlavním trendem optimalizace pracovních sil, dá se předpokládat, že i na úseku dopravy paliva a zauhlování může dojít ke snižování stavů provozních zaměstnanců. Z toho důvodu bude potřeba zabezpečit monitoring všech úseků dopravy paliva. Vhodným návrhem a instalací kamerového systému bude tedy umožněno monitorování jak vlastního provozu, tak zároveň činnosti osob, které se budou v nebezpečném prostředí pohybovat.

7.3.2 Přístupový systém

Aby mohl být zajištěn vstup do nebezpečných prostor pouze vymezenému okruhu osob, bylo by vhodné všechny přístupové místa vybavit elektronickými zámky s čtečkami osobních identifikačních karet a instalovat přístupový systém, umožňující jednak vstup pouze určeným pracovníkům a zároveň přesnou identifikaci a evidenci osob, pohybujících se v tomto prostoru. V případě exploze totiž mohou nastat podmínky, kdy je nutné znát přesný počet pracovníků, kteří se v ohrožené oblasti mohou nacházet.

8 VÝVOJOVÉ TRENDY V OBLASTI ZABEZPEČENÍ

Vývoj technických prvků ke zvyšování bezpečnosti spočívá hlavně ve zdokonalování současných technologií s důrazem na spolehlivost, kompatibilitu a schopnost propojení s kvalitními monitorovacími a řídicími softwary. Snahou firem, zabývajících se vývojem této techniky, je pak zejména nabídnout zákazníkovi kompletní zabezpečení daného provozu. Vzhledem k tomu, že rozsah techniky v oblasti spojené s problematikou výbuchu je poměrně rozsáhlý, technické prostředky uvedené v této kapitole představují aktuální trendy v oblasti zabezpečovacích technologií v rámci snižování rizik výbuchu. Jejich úkolem je jednak co nejkvalitnější identifikace vznikajícího požáru a dále odlehčení, popř. zabránění přenosu výbuchu do okolních částí technologie.

8.1 Detektory požárních plynů

Jejich význam spočívá v detekci prvotního stádia hoření, které se projevuje vznikem různých druhů plynů.

Princip - Jedná se o detektory, které využívají pro měření koncentrace konkrétního plynu žhavený polovodičový senzor, jehož aktivní látka mění při přítomnosti plynu svou vodivost. Signál ze senzoru je vyhodnocován v elektronice detektoru, která následně ovládá výstupní spínače a řídí další funkce detektoru.

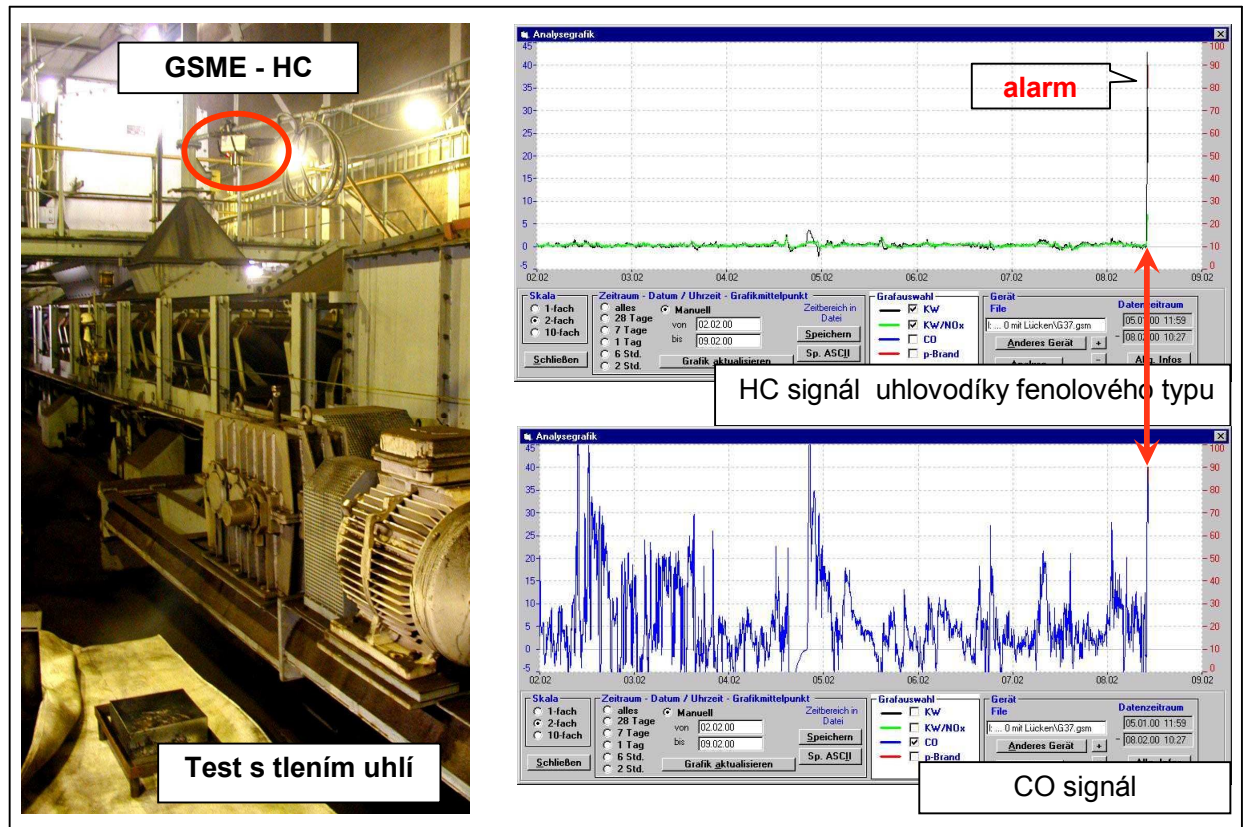
8.1.1 Detektory GSME - L2/L3/HC - EX [15]

Uvedené detektory umožňují detekci těchto plynů:

- **H₂** - plynný vodík se dvěma molekulami (reakce $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$ při zvlhnutí uhlí na teplé ploše)
 - při tlení uhlí,
 - ve výfukových plynech,
 - při odpařování dlouhodobě skladovaného uhlí.
- **CO** - vzniká nedokonalým spalováním
 - tlející požáry, otevřené požáry,
 - ve výfukových plynech,
 - při odpařování uhlí.
- **HC** "Uhlovodíkový"
 - velmi vysoká citlivost na tlející požáry papíru nebo dřeva.

- necitlivý vůči výfukovým plynům,
- necitlivý vůči H₂

Použití - uhlé bunkry, haly, dopravníky uhlí, exkavátory (povrchové doly), elektrárny na biomasu.



Obr. 34. Použití detektoru plynu GSME - HC při dopravě paliva [15]

8.2 Detektory teploty

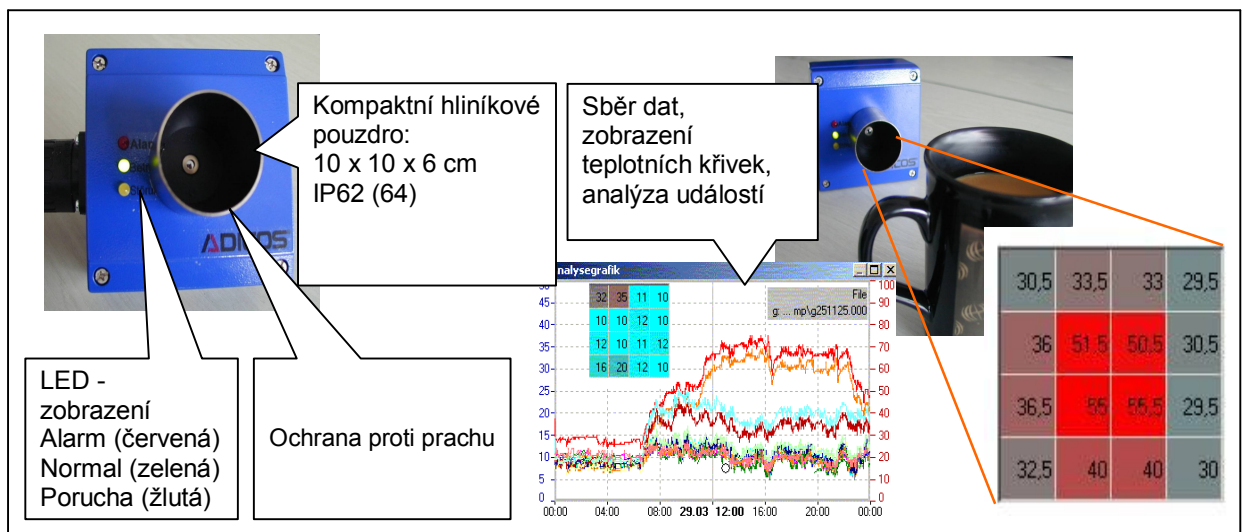
Jejich význam spočívá v detekci prvotního nárůstu teploty v důsledku tlení paliva, tření kovových součástí, elektrického zkratu aj.

Princip - Funkce těchto detektorů je založena na principu pyrometrie, tzn. měření celkového vyzářeného tepelného výkonu prostřednictvím IR záření. Tato metoda je založena na skutečnosti, že každá nepravidelnost v tepelně technických vlastnostech sledovaného materiálu se projeví odchylkami v rozložení povrchové teploty. Rozložení teplot je na termogramu odlišeno barevně popř. v šedé škále - způsob lze zvolit dle potřeb snímaného objektu.

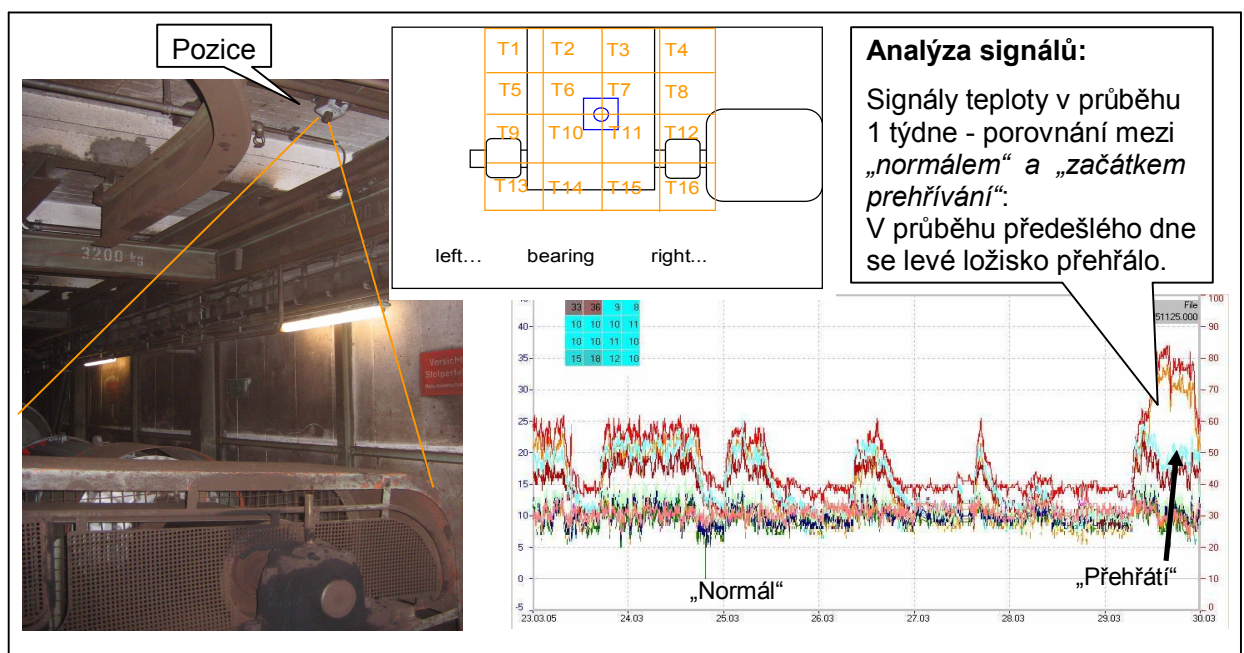
8.2.1 Infračervený optický teplotní detektor ADICOS - HotSpot [15]

Umožňuje snímání 16 měřících ploch (4 x 4), velikost plochy 10 x 8cm při vzdálenosti 1m, rozsah 0 - 100°C, rychlost detekce 0,3 s. Vyznačuje se velmi citlivou detekcí:

- tlejících požárů (na skládce i na dopravních pásech),
- přehřátí (spojky, ložiska, převodovky, motory),
- detekce teplot zařízení v prostorech se ztíženým přístupem.



Obr. 35. Optický detektor HotSpot [15]



Obr. 36. Příklad monitorování teplot ložisek [15]

8.2.2 Infračervený optický teplotní detektor DG - IR - 3C

- identifikace zdrojů vznícení (plamen, teplo a jiskry),
- aktivace bezpečnostních systémů,
- rychlá a spolehlivá detekce ohniska vznícení,
- použití v uzavřených prostorech i bez přístupu denního světla.



Obr. 37. Příklady IR detektoru DG - IR - 3C [16]

8.3 Detekce zvýšení tlaku

Jejich význam spočívá v identifikaci zvýšení tlaku v jeho počátečním stádiu a aktivaci systému ochrany.

8.3.1 Snímač tlaku Dynamic Multi MEX - 3.2

Je zvláště vhodný pro detekci zvýšení tlaku v uzavřených prostorech.



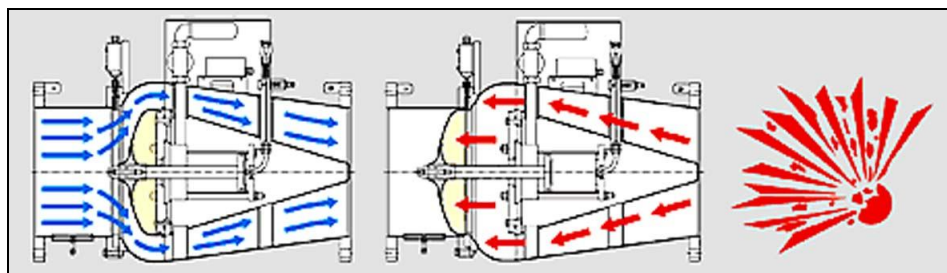
Obr. 38. Snímač tlaku Dynamic Multi MEX - 3.2 [16]

8.4 Zařízení k zabránění přenosu výbuchu

Jejich význam spočívá v uzavření systémů potrubí a kanálů a ochraně ostatních technologických částí před účinky exploze. K jejich aktivaci jsou nutná další zařízení, umožňující identifikaci zdrojů vznícení (plamen, teplo a jiskry).

8.4.1 Uzavírací armatura Ventex ESI - P

Vyznačuje se rychlým a těsným zavíráním a malou instalační vzdáleností. Je použitelný pro jeden směr exploze. Použitelná pro světlost potrubí od 150mm do 400mm.

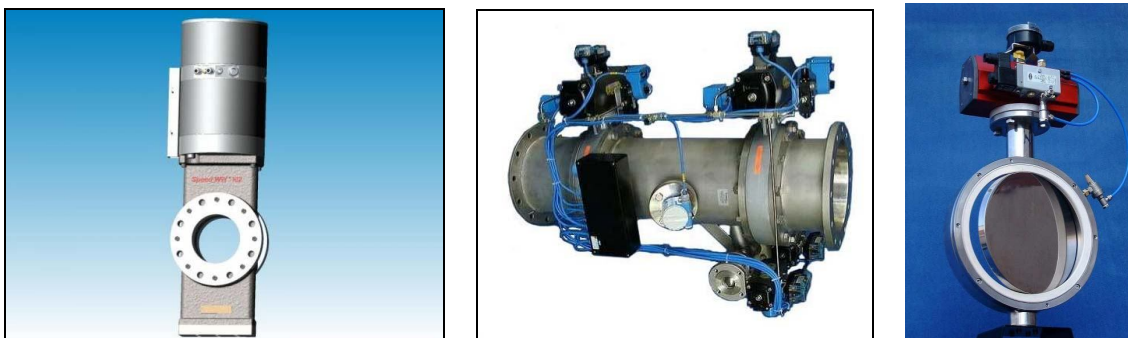


Obr. 39. Princip uzavírací armatury Ventex ESI - P [17]

8.4.2 Uzavírací armatury Speed Wey HSI, DKZE APS, W - DS

Výhody:

- ochrana zařízení - mlýny, sila, filtry, separátory, sušičky, mixéry, atd.
- poskytuje vysokou odolnost proti výbuchovému tlaku a místa,
- použitelné hlavně v prašném prostředí,
- pro průměry: DN 50 až DN 1200, PN 6 - PN 16,
- uzavírací doba: až 3 s.



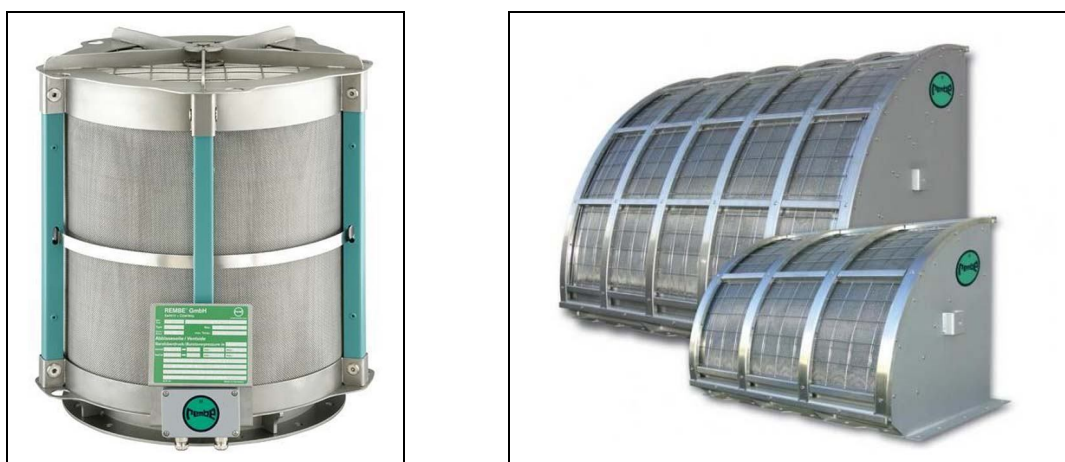
Obr. 40. Uzavírací armatury Speed Wey HSI, DKZE APS, W - DS [17]

8.5 Zařízení k odlehčení výbuchu

Jejich význam spočívá v omezení tlakových účinků exploze tím, že vznikající přetlak odvedou prostřednictvím vlastní destrukce do bezpečnostní zóny.

8.5.1 Odlehčovací membrány Q - Rohr - 3 a Q - BOX

Jsou vhodné pro zabezpečení otevřených a uzavřených prostor (haly, síla, cyklony, filtry dopravní mosty).



Obr. 41. Odlehčovací membrány Q - Rohr - 3 a Q - BOX [18]

ZÁVĚR

Uhelné palivo je vzhledem ke své dostupnosti stále nejpoužívanější energetický zdroj, kterého se využívá k výrobě tepla a elektrické energie. Přeměna energie probíhá při exotermické reakci (hoření), ke které dochází tak, že hořlavá látka reaguje velkou rychlostí s kyslíkem. Aby se maximálně využila energie obsažená v palivu, používá se uhlí ve formě prachu. Pokud ale dojde k určité kritické koncentraci prachových částic se vzduchem a v blízkosti se objeví iniciační zdroj, může dojít k ještě prudší reakci, která se projevuje výbuchem. O jeho příčinách pojednává 4. kapitola, neboť pro zpracování problematiky spojené s ochranou proti výbuchu, je třeba pochopit, co ho způsobuje, jak se projevuje a jakými způsoby je možné mu předcházet.

Výbuch je v souvislosti se svými důsledky velice negativní jev, který prostřednictvím tlakových účinků na okolí způsobuje celou řadu negativních činností. Těmi jsou především ohrožení zdraví a života osob nacházejících se v přímém kontaktu s výbuchem a dále vznik požáru, boření stavebních konstrukcí, demolice technologií, zařízení, strojů a všeho, co je v jeho dosahu. Protože trvá pouze několik milisekund, je většinou únik z ohrožených prostor nemožný a proto dochází při těchto jevech bohužel ke ztrátám na lidských životech nebo těžkým poškození zdraví personálu a blízkých osob. K zabránění těmto účinkům je třeba provést spoustu bezpečnostních opatření, kterými se zabývá kapitola 6. Z analýzy problematiky provozu vyplývá mimo jiné základní poznatek, že ke snížení rizika vzniku výbuchu je nutno v co nejširší míře omezit vznik výbušné atmosféry nebo zdrojů potřebných pro vznik výbuchu, popř. ochránit okolí výbuchu před jeho účinky. K dosažení těchto cílů má přispět právě stěžejní výstup této práce, kterým je návrh režimových a technických opatření.

V rámci režimových opatření je nutno důsledně zpracovat a dodržovat zejména tyto oblasti: **Pracovní a organizační instrukce** (obsazení směn, pracovní technologické postupy, harmonogram úklidu, osobní ochranné pracovní pomůcky, nezávadné pracovní pomůcky v souladu se zákoníkem práce z. č. 262/2006 Sb., a nařízením vlády NV 406/2004 Sb.), **výcvik a školení pracovníků** (znalosti vzniku výbuchu, znalost zařízení a míst s předpokladem vzniku nebezpečí, znalost a dodržování BOZP, požární prevence, manipulace na zařízení), **system povolování prací** (přesné určení místa, popis práce, popis nebezpečí, nezbytná opatření, přidělování OOPP, čas zahájení a ukončení práce, převzetí a předání pracovního příkazu, přezkoušení a uvedení zařízení do trvalého provozu), **údržba**

(způsob provádění kontrol, revizí a zkoušení zařízení obsluhou), **inspekce a kontroly** (při prvním uvádění do provozu, po závažných opravách, kalibrace měřící techniky, servis, údržba), **označování nebezpečných prostorů** (vstupy a zařízení označit značením dle nařízení vlády NV č. 405/2004 Sb., značení únikových cest).

Technická opatření by měla zabezpečit provoz zejména kontrolou pohybu pracovníků, kteří svou činností mohou způsobit vznik výbuchu a zejména jejich identifikací v případě vzniku ohrožení. Jedná se tedy o návrh a instalaci přístupového systému, který v kombinaci se systémem CCTV umožňuje zaměstnance dostatečně monitorovat. Instalované kamery mohou zároveň sloužit ke sledování samotného provozovaného zařízení. Pro včasnou identifikaci vzniku požáru nebo výbuchu by měl být provoz vybaven spolehlivou detekcí plamene, teploty a dalších průvodních jevů. Pro případ možného vzniku požáru je nutné provozy zabezpečit jednak prostředky, umožňující jeho uhašení v počátečním stádiu a pro případy vzniku výbuchu zařízením, schopným ochránit okolní prostory a technologie. Jedná se o různé typy odlehčovacích membrán a zejména uzávěrů a klapek k zabránění přenosu účinků výbuchu. O tom, jaké jsou současné možnosti a jakým směrem se ubírá jejich vývoj, pojednává závěrečná kapitola.

Využití konkrétních zabezpečovacích technologií bude ale vždy závislé na technických a ekonomických podmínkách podniku. Otázky zajištění bezpečnosti by se ale neměly podceňovat, neboť jedině účinným opatřením je možné předcházet haváriím, které mohou způsobit poškození zdraví zaměstnanců a nemalé škody na majetku podniku.

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

Coal, due to its availability, is still the most widely used energy source and is used to produce heat and electricity. The energy conversion takes place in the exothermic reaction (combustion), which occurs the way that the combustible substance reacts with oxygen at high speed. To use the energy contained in the fuel, coal is used in a powder form. But if there is a certain critical concentration of dust particles appearing in the air near the ignition source, even more severe reaction may occur, resulting in blast. The fourth unit deals with such causes, because it is necessary to understand what causes the problems associated with protection against explosion how explosion initiates itself and how it can be prevented.

The explosion is generally very negative phenomenon, which through pressure effects on the environment causes series of negative actions. These are particular risks to health and life of people living in direct contact with the explosion and fire, demolishing structures, demolition technology, equipment, machinery and everything similar. Because it takes only a few milliseconds, there is usually no escape from the danger areas and, therefore, unfortunately results in the loss of lives or serious injuries to personnel and other staff. A lot of security measures, as discussed in Chapter 6 should be made to prevent these effects. From an analysis of traffic problems arises fundamental knowledge; in order to reduce the risk of explosion, the explosive atmosphere or resources necessary for the explosion must be avoided to the maximum extent respectively the neighborhood must be protected from the effects of the explosion. The main contribution of this work is to achieve these goals - the application modal and technical measures.

The modal precautions must be strictly followed to process and in particular areas: organizational and work instructions (shift occupation, work technologic processes, cleaning schedule, personal protective aids, safe working equipment in accordance with the Labour Code Act No. 262/2006 Coll. and Government Order No. 406/2004 Coll.) training of staff (knowledge of explosion, knowledge of facilities and locations with the assumption of risk, knowledge of and compliance with health and safety and fire prevention, handling of equipment), work authorization system (destination site, job description, description of the risk measures necessary PPE allocation, start and end of work, receipt and transmission of work order, testing and putting into full operation), maintenance (way of carrying out checks, inspections and testing of equipment operation), inspection and control (when first

putting into operation, after major repairs, calibration of measuring equipment, service, maintenance), marking of hazardous areas (inputs and equipment markings to indicate by Government Order No. 405/2004 Coll., marking of escape routes).

Technical measures should ensure safety mainly by the controlled movement of workers, who may cause an explosion by their actions and in particular their identification in case of emergency. It is a proposal to install access control system, which in combination with CCTV system allows staff to monitor adequately. Installed cameras can also be used to monitor the actual operating facilities. For early identification of fire or explosion should be equipped with reliable operation of the flame detection, temperature and other accompanied problems. The event of any fire occurrence it is necessary to ensure that both means for its extinction in the early stages and in cases of explosive device that is able to protect surrounding areas and technologies. It means different types of membranes and in particular relief valves and dampers to prevent the transmission of blast effects. Options possible and is the ways of their development are discussed in the final chapter.

The use of specific security technologies will always depend on the technical and economic conditions of the company. Other security issues should not be underestimated, since only the effective measures can to prevent possible accidents that may cause health damage and significant damage to company property.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] *Výroba elektrické energie* [online]. [cit. 2011-02-15]. Dostupný z WWW: http://www.energyweb.cz/web/index.php?display_page=2&subitem=1&ee_chapter=2.5.3.
- [2] *CoalBasics* [online]. [cit. 2011-02-15]. Dostupný z WWW: <http://www.tsl.uu.se/uhdsg/Popular/CoalBasics.pdf>.
- [3] *Elektrárny v Česku* [online]. [cit. 2011-02-15]. Dostupný z WWW: http://cs.wikipedia.org/wiki/Elektřina_v_Česku.
- [4] *Coal Delivery Process* [online]. [cit. 2011-03-15]. Dostupný z WWW: <http://www.sesb.com.my/coal/Coal%20Delivery%20Process%20-%20Briefing%20to%20Media.pdf>.
- [5] KALOUSEK, J. *Základy fyzikální chemie hoření, výbuchu a hašení*. 1.vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 1996. 203 s. ISBN 80-902001-6-8.
- [6] Zkušební protokol č. A 01778-03-03 a č. PTCH-00721. VVUÚ, a.s. Ostrava-Radvanice.
- [7] ČSN EN 1127-1 - Výbušná prostředí - Zamezení a ochrana proti výbuchu - Část 1: Základní pojmy a metodologie.
- [8] Nařízení vlády č. 406/2004 Sb. o bližších požadavcích na zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v prostředí s nebezpečím výbuchu
- [9] Nařízení vlády č. 23/2003 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na zařízení a ochranné systémy určené pro použití v prostředí s nebezpečím výbuchu
- [10] ŠENOVSÝ, M. *Základy požární taktiky*. 3.vyd. Ostrava: Fakulta bezpečnostního inženýrství, 2001. 85 s. ISBN 80-86111-73-3.
- [11] KINDL, J. *Projektování bezpečnostních systémů I*. [skriptum]. 2. vyd. Zlín: UTB, 2007. ISBN 978-80-7318-554-1.
- [12] KŘEČEK, Stanislav. *Příručka zabezpečovací techniky*. 3. vyd. Praha: Critetus, 2006. 315 s. ISBN 80-902938-2-4.
- [13] *RSBP-Požární a výbuchová ochrana* [online]. [cit. 2011-03-18]. Dostupný z WWW: <http://www.rsbp.cz/cz/vybuchova-ochrana/uvolneni-vybuchu/>.

- [14] Nařízení vlády č. 405/2004 Sb., kterým se stanoví vzhled a umístění bezpečnostních značek a zavedení signálů.
- [15] Prezentace systému ADICOS. fy INDUSTRIE ELEKTRONIK spol. s r.o.
- [16] *Zabezpieczenia przeciwwybuchowe* [online]. [cit. 2011-03-20]. Dostupný z WWW: <http://www.tessa.eu/Pl/oferta/tlumienie_wybuchu/1/>.
- [17] *Rico Sicherheitstechnik* [online]. [cit. 2011-04-16]. Dostupný z WWW: <<http://www.rico.ch/page-e/ventex-esi-p.htm>>.
- [18] *Indole Outdoor Flameless Venting Systems* [online]. [cit. 2011-04-18]. Dostupný z WWW: <<http://www.rembe.us/products/explosion-protection/indoor-outdoor-flameless-venting-systems/>>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ATEX	Atmosphère Explosif
BOZP	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci
CCTV	Uzavřený kamerový systém
ČEZ	České energetické závody
ČSN	Česká státní norma
EN	Evropská norma
EO	Elektroodlučovač popílku
EPS	Elektrická požární signalizace
HRD	Hight Rate Discharge
HZ	Hlubinný zásobník
CHÚV	Chemická úpravna vody
CHV	Chladicí voda
I&HAS	Poplachový zabezpečovací a tísňový systém
MO	Mlýnský okruh
MPa	Megapascal
MW	Megawatt
NV	Nařízení vlády
OOPP	Osobní ochranné pracovní pomůcky
OP	Okruh paliva
RS	Redukční stanice
ŘP	Řetězový podavač
SHZ	Stabilní hasicí zařízení
TDC	Totally Distributed Control System
TG	Turbogenerátor

TOT a.s. Teplárna Otrokovice a.s.

TP Technologická pára

VB Vytápění bytů

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Schéma tepelné elektrárny</i>	16
<i>Obr. 2. Schéma teplárny</i>	17
<i>Obr. 3. Technologické schéma Teplárny Otrokovice a.s.</i>	18
<i>Obr. 4. Světové zásoby fosilních paliv (v gigatunách) [2]</i>	20
<i>Obr. 5. Přeprava uhlí pásovým dopravníkem (elektrárna Prunéřov) [3]</i>	23
<i>Obr. 6. Přeprava uhlí loděmi [4]</i>	23
<i>Obr. 7. Ovládací displej řídicího systému Honeywell TDC 3000</i>	25
<i>Obr. 8. Výbuchový trojúhelník - podmínky nutné pro vznik výbuchu</i>	28
<i>Obr. 9. Vykládka paliva</i>	36
<i>Obr. 10. Hlubinný zásobník</i>	36
<i>Obr. 11. Pás s válečky</i>	36
<i>Obr. 12. Vyhrnovací vozík</i>	36
<i>Obr. 13. Znázornění dopravních tras paliva v TOT a.s.</i>	37
<i>Obr. 14. Zauhlovací most</i>	38
<i>Obr. 15. Napínací věž</i>	38
<i>Obr. 16. Přesyp (horní část)</i>	38
<i>Obr. 17. Přesyp (spodní část)</i>	38
<i>Obr. 18. Sběrná nádoba průmyslového vysavače</i>	39
<i>Obr. 19. Zauhlovací bunkr</i>	40
<i>Obr. 20. Plnění bunkru</i>	40
<i>Obr. 21. Řetězový podavač paliva</i>	41
<i>Obr. 22. Hladina paliva v podavači</i>	41
<i>Obr. 23. Mlecí jednotka</i>	42
<i>Obr. 24. Prášící a hořící mlýn</i>	42
<i>Obr. 25. Odsávání přetlaku z bunkrů</i>	43
<i>Obr. 26. Odsávací jednotka</i>	43
<i>Obr. 27. Označení zařízení do výbušného prostředí</i>	45
<i>Obr. 28. Odlehčovací membrány [13]</i>	52
<i>Obr. 29. Systém zhášení jisker [13]</i>	53
<i>Obr. 30. Mechanická klapka a HRD bariéra [13]</i>	54
<i>Obr. 31. Označení vstupů</i>	61
<i>Obr. 32. Návrh instalace HRD bariéry</i>	63

<i>Obr. 33. Návrh instalace HRD bariéry</i>	64
<i>Obr. 34. Použití detektoru plynu GSME - HC při dopravě paliva [15]</i>	67
<i>Obr. 35. Optický detektor HotSpot [15]</i>	68
<i>Obr. 36. Příklad monitorování teplot ložisek [15]</i>	68
<i>Obr. 37. Příklady IR detektoru DG - IR - 3C [16]</i>	69
<i>Obr. 38. Snímač tlaku Dynamic Multi MEX - 3.2 [16]</i>	69
<i>Obr. 39. Princip uzavírací armatury Ventex ESI - P [17]</i>	70
<i>Obr. 40. Uzavírací armatury Speed Wey HSI, DKZE APS, W - DS [17]</i>	70
<i>Obr. 41. Odlehčovací membrány Q - Rohr - 3 a Q - BOX [18]</i>	71

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Přehled typů elektráren</i>	15
<i>Tab. 2. Parametry hnědého uhlí - mostecké [6]</i>	31
<i>Tab. 3. Zařazení prostorů do zón</i>	45
<i>Tab. 4. Přehled technických prostředků k omezení výbuchu</i>	55