

Nové odsíření v Elektrárně Prunéřov II

V průběhu let 2012 až 2014 proběhla celková obnova Elektrárny Prunéřov II. Z původních pěti bloků elektrárny, označovaných 21 až 25 byly tři bloky (23 až 25) kompletně rekonstruovány, přesněji zcela zdemontovány a nahrazeny novou technologií s navýšením výkonu každého bloku z 200 na 250 MW. Zbývající dva bloky (21 a 22) zajišťovaly omezený provoz elektrárny v období rekonstrukce. Po dokončení rekonstrukce budou odstaveny. Původní instalovaný výkon Elektrárny Prunéřov II činil $5 \times 200 = 1\,000$ MW, po rekonstrukci bude pouze $3 \times 250 = 750$ MW. Instalovaný výkon se tedy sníží o čtvrtinu. Důvodem rekonstrukce ovšem nebylo navýšování výkonu. Hlavním důvodem byla výměna dosluhujících bloků z roku 1985 za bloky s kotli nové konstrukce, která lépe odpovídá změněnému složení změněnému složení palivového uhlí. Dalším důvodem bylo hledisko ekologické, zvýšení účinnosti bloků, tj. snížení množství spotřebovaného paliva (a tedy i emisí) přepočteného na jednotku vyrobené energie. V souvislosti s tímto bodem je zajímavé zmínit požadavek na navýšení účinnosti bloků nad 42 %, který byl vznesen v rámci schvalování dokumentu o dopadu stavby na životní prostředí (EIA). Požadavek, který byl ve své době velmi politizován i na mezinárodním poli, byl ovšem u stávajícího typu technologie nedosažitelný. Bylo by zapotřebí vybudovat nové kotle zcela jiné konstrukce a jiných rozměrů, zjednodušeně řečeno vybudovat novou elektrárnu. Nakonec bylo prosazeno původně navrhované řešení, přičemž účinnost elektrárny, počítaná podle metodiky EU, dosahuje asi 38 %. I tak je dosažené ekologické zlepšení výrazné, při čtvrtinovém poklesu výkonu dochází asi k polovičnímu poklesu emisí oproti původnímu stavu.

NOVÉ ODSÍŘENÍ

Součástí celkové obnovy elektrárny bylo i vybudování nového zařízení pro odsíření spalín. Toto odsíření slouží pro bloky 23 až 25 a nahrazuje původní odsíření z roku 1996, jehož části sloužící těmto blokům byly v průběhu rekonstrukce odstraněny. Původní odsíření pro bloky 21 a 22 zůstává v provozu do konce jejich životnosti a po jejich odstavení bude také demontováno.

Nové odsíření využívá metodu mokré vápencové vypírky se zavedením odsířených spalín do chladících věží. Projektantem a dodavatelem technologie je mezinárodní technologický koncern ANDRITZ – odbor Air Pollution Control. Kouřové plyny jsou z kotle vysávány kouřovým ventilátorem přes elektrofiltry, kde jsou zbavovány pevných částic, a dále hnány potrubím surových spalín do absorberů. Vstupní hrdlo absorberů je zkonstruováno z ušlechtilé nerezové oceli s možností oplachu (Alloy 59), přilehlá část absorberů je tímto materiálem rovněž vyložena. V absorberu kouř stoupá vzhůru v protiprouděné sprše vodní suspenze vápence ze čtyř sprchovacích rovin, v níž dochází k chemické reakci oxidů síry s uhličitánem vápenatým (CaCO_3), odstraňující z plynu oxidy síry. Při této reakci vzniká hydrogensířičitan vápenatý $[\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2]$ a po dooxidování zavedeným vzduchem vznikne konečný krystalický síran vápenatý ($\text{CaSO}_4 + 2 \times \text{H}_2\text{O}$) – sádrovec. Vyčištěné spaliny prochází v horní části absorberů odlučovačem kapek a sklolaminátovým potrubím čistých spalín jsou odváděny do dvou chladících věží. Potrubí čistých spalín za absorberů není vybaveno žádným ventilátorem, proudění je zajištěno pasivně pomocí komínového efektu v chladících věžích.

Sádrovec je z absorberů odfiltrováván do sousedního objektu čerpadlovny a sušičky, kde je odvodňován na zbytkovou vlhkost nižší než 15 %. Odtud může být buď plněn přímo do železničních vagónů, nebo přemístován na skládku sádrovce k dalším úpravám. Vápenec je dodáván po železnici ve formě vápencového štěrku. Je skladován na skládce vápence a potom v kulových mlýnech mlet na požadovanou jemnost. Společně s vodou je ve formě vápencové suspenze zaveden do nádrží (LST) a odtud



Obr. 1 – Celkový pohled na odsíření

přečerpáván do sprchovacích rovin absorberů. Voda odcezená ze sádrovce suspenze v dolní části absorberů je pomocí systému recirkulačních trub dopravována zpět na sprchovací úroveň a vracena do procesu odsíření. Tento způsob minimalizuje spotřebu vody a množství odpadních vod z elektrárny.

Nové odsíření je řešeno jako tři prakticky totožná, paralelně fungující zařízení pro jednotlivé bloky 23, 24 a 25. Každý blok má svůj filtr, kouřový ventilátor, kouřovody surových spalín a absorber. Toto uspořádání umožňuje revize a opravy jednotlivých částí současně s odstávkou příslušného bloku, přičemž není omezován chod ostatních dvou bloků. Potrubí čistých spalín za absorberů se spojuje do jednoho společného sklolaminátového kouřovodu, které se v blízkosti chladících věží větví do věže 2 a 3. Za rozvětvením je kouřovod opatřen klapkami, které umožňují odstavení jedné nebo druhé věže.

Technologie pro přípravu vápencové suspenze je pro všechny tři bloky společná a využívá z části zařízení původního odsíření z roku 1996. Skládku vápencového štěrku byla původně nekrytá, zavážena mostovým dopravníkem. Po rekonstrukci bude ponechána na původním místě a zastřešena. Mletí vápence se provádí v původním objektu, ovšem se zcela novou technologií. Nádrže vápencové suspenze 1 a 2 jsou nové a společné pro všechny tři absorberů, stejně jako vypouštěcí nádrž. Společný je také nový objekt čerpadlovny přiléhající ke všem třem absorberům a obsahující jednak tři sady

čerpadel pro recirkulaci suspenze a dále společné zařízení pro odvodňování sádrovce (pásové filtry, hydrocyklóny). Součástí objektu čerpadlovny je násypka odvodněného sádrovce nad železniční koleji. Jako druhá možnost pro cestu sádrovce je dlouhý dopravník sádrovce, který končí přesýpacím objektem na stávající dopravník sádrovce, vedoucí od původního odsíření. Odtud pokračuje další původní dopravník až ke skládce sádrovce, která sloužila už pro staré odsíření.

Zdrojem technologických údajů je webová stránka www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/.../vypirka5.html (256_Mokrú vápencová vypírka spalín).

Potrubí surových spalín

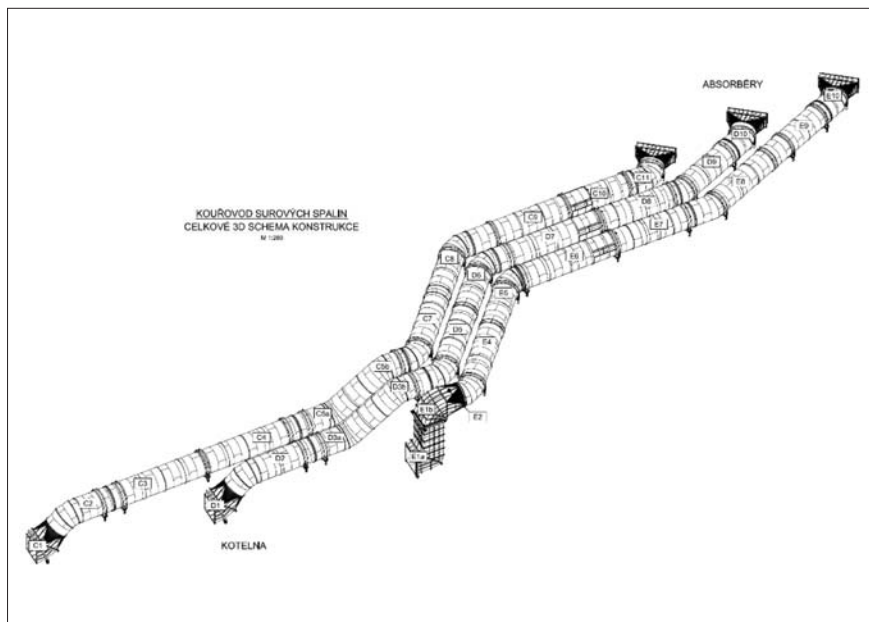
Postupujeme-li podle toku spalín, první částí komplexu je potrubí surových spalín. Jde o svazek tří potrubí 23, 24 a 25 (v projektu se používá označení C, D, E), každé pro jeden blok. Potrubí začínají na přírubě kouřového ventilátoru, souběžně překonávají vzdálenost k odsiřovacímu zařízení a přes kompenzátor vstupují vstupními hrdly každé do svého absorberu. Potrubí mají průměr 5,7 m a z důvodu vysoké teploty surových spalín (havarijní hodnota až 200°C) jsou ocelová a tepelně izolovaná. Vzhledem k tomu, že oxidy síry v suchých a teplotách spalínách jsou chemicky neagresivní, vnitřek potrubí není opatřen žádným nátěrem. Potrubí je uloženo na třinácti příhradových podporách, přičemž podpory P, R, T ve střední části

potrubí jsou společné, ostatní podpory jsou samostatné pro jednotlivá potrubí. Niveleta osy potrubí je zpočátku ve výšce 11,0 m, ve střední části, kde křížuje hlavní vnitrozávodní komunikaci, stoupá do úrovně 20,50 m a dále mírně klesá na úroveň vstupu do absorbéru k 18,050 m. Potrubí je staticky řešeno jako řetězec navzájem oddělených prostých nosníků s převislými konci, kde sousední nosníky jsou uloženy na společných prostorových příhradových věžích.

Na každé věži má potrubí z jedné strany podporu pevnou a potrubí z druhé strany podporu axiálně posuvnou. Nad středem věže mezi převislými konci potrubí je umístěn kompenzátor, který obě části staticky odděluje a umožňuje dilatační posuv na straně posuvné podpory. Délka typického pole se pohybuje mezi 27 a 40 m. Dva úseky (M-O a R-U/W) jsou přibližně dvojnásobné délky a ve středu jsou podepřeny vloženou kyvnou podporou (N a T). Použity jsou teflonové textilní kompenzátory typické délky 300 mm, které umožňují podélný posuv +/-100 mm a příčný posuv +/- 60 mm. V delších úsecích s vloženou kyvnou stojkou jsou použity větší kompenzátory délky 400 až 450 mm. Nad podporou T, nedaleko před vstupem do absorbéru, je ve všech třech potrubích umístěno zařízení nouzového chlazení, které zajišťuje, aby teplota surových plynů za ním na vstupu do absorbéru nepřesáhla 80°C. Chlazení plynů se provádí pomocí mřížky z trubek umístěné napříč celým průřezem potrubí, v níž proudí chladicí voda, přiváděná potrubím z nádrže procesní vody (PWT). Kvůli údržbě chladicího objektu jsou v jeho těsné blízkosti kruhové vstupy do potrubí, přístupné ze společné plošiny přecházející nad všemi potrubími. V tomto místě jsou na potrubích zřízena také hrdla pro odběr vzorků. Výstup na plošinu je zajištěn samostatnou schodišťovou věží S, umístěnou severně od svazku potrubí.

Každá podpora dílce sestává ze dvou kyvných stojek po stranách potrubí, které přenášejí pouze svislé síly a z trnu v nejnižším místě pod osou potrubí, který je zarážkami na podpoře zajištěn proti vodorovnému posuvu. Zde se přenášejí pouze vodorovné síly. V místě pevných podpor jsou znemožněny posuvy podélné i příčné, v místě axiálně posuvných bodů je umožněn posuv trnu podélně ve směru osy potrubí. Výhoda tohoto způsobu ukotvení je v tom, že zvětšování průměru potrubí při velkých teplotních rozdílech nevyvolává v kotvení žádné síly a že osa potrubí se neposouvá.

Dílce potrubí jsou vzhledem ke své velikosti nepřepavitelné, a tak jejich montáž vyžadovala poměrně složitý postup. Dílec potrubí se skládá z prstenců délky 2000 mm a každý z těchto prstenců je tvořen třemi segmenty po 120°. Plechy tloušťky 8 mm byly nařezány a tvarovány do segmentů ve firmě EOP přímo v areálu elektrárny. Při přepravě kamiony na staveništi bylo vždy několik plechů umístěno na přípravku tvaru kruhové úseče, aby se při přepravě zachoval jejich obloukový tvar.



Obr. 2 – Potrubí surových spalin

Na staveništi probíhala předmontáž dílců potrubí na speciálním přípravku. Nejprve byly ze segmentů sestaveny prstence, ty byly postupně navzájem svařovány, až se dosáhlo délky celého dílce potrubí. Dílec byl potom opatřen typickými prstencovými výztuhami po cca 6 m, dále mohutnými zdvojenými podporovými výztuhami s koncovými přírubami na přišroubování kyvných stojek a koncovými přírubami pro kompenzátory. Na kruhových výztuhách obou podpor byly v horní polovině kruhu umístěny dvojice konzol, které sloužily ke zdvihu jeřábem. Hotový dílec, opatřený vnějším nátěrem a se zavěšenými čtyřmi kyvnými stojkami, byl přepraven pod místo svého finálního uložení. Zde byl za zdvihové konzoly uvázan čtyřmi lany na hák jeřábu s nosností 80 až 200 t a vyzvednut do finální pozice. Kyvné stojky byly přišroubovány na přípojná místa na příhradových věžích a vodící trny zapadly do příslušných zámků.

Pro zvedání každého dílce byl připraven statický výpočet určující výšku háku nad dílcem, skutečný úhel zvedacích lan vůči konzolám, síly v jednotlivých lanech a výslednou reakci na háku jeřábu. Obtížnější byl tento výpočet pro zvedání dílců tří potrubí mezi podporami P a R, které mají zahnuté převislé konce. Zde bylo navíc třeba vyhledat správnou polohu háku nad těžištěm dílce, aby se dílec při zvedání nenakláněl. Hmotnost největšího zvedaného dílce činila 55 tun. Zvláštní problém představovala montáž delších úseků s kyvnou stojkou uprostřed. Dílec potrubí byl příliš dlouhý a těžký pro montáž vcelku, proto byl při předmontáži připraven jako dva dílce s montážním stykem nad kyvnou stojkou. Nejprve byly vyzvednuty oba dílce a pak byl proveden montážní střední svar na vyzvednutém potrubí svařováním zevnitř potrubí.

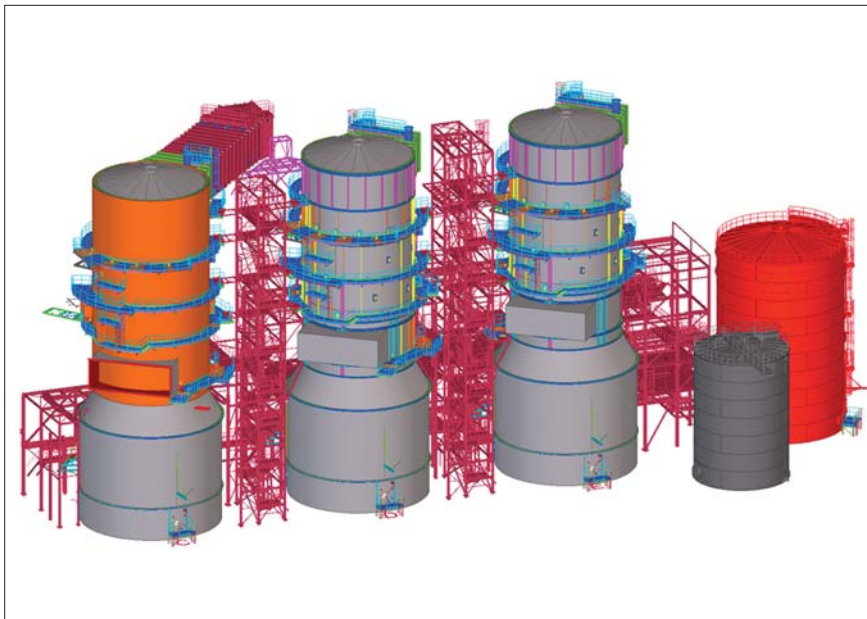
Plán montáže předpokládal z prostorových důvodů montáž od věže s posuvným uložením. Aby konstrukce v době, kdy je vyzvednut pouze dílec na jedné straně kyvné stojky, nebyla

nestabilní, bylo zapotřebí provizorně upravit uložení na příhradové věži na pevný kloub a kyvné podpory na kyvném sloupu provizorně vetknout do potrubí. Po uložení druhého dílce a dokončení montážního svaru byly provizorní úpravy odstraněny a došlo k návratu ke statickému schématu podle projektu. Vnější povrch potrubí byl již z výroby opatřen trny z tenkého drátu přivařenými tak, aby mohly plechy ležet do sebe. Poté při předmontáži byly narovnány do kolmé polohy a po vyzvednutí potrubí do finální polohy na ně byla upevněna izolační vrstva.

Absorbéry a nádrže

Absorbéry jsou srdcem odsiřovacího zařízení, kde probíhá výše popsaná chemická reakce mokré vápencové vypírky. Z hlediska stavebního se jedná o zvláštní objekt, který rozměrem a hmotností je velkou stavební konstrukcí, ale požadavky na materiál, výrobními tolerancemi a provedením detailů připomíná spíše stroj. Je to nádoba válcového tvaru o průměru 15,0 m v dolní části a 11,5 m v horní části, mezi těmito částmi je asi ve třetině výšky kónický přechod. Celková výška absorbéru je 38,8 m a tloušťka ocelového pláště se mění postupně odspodu nahoru od 16 do 8 mm. Absorbér je ukotven na osmiboký betonový základ kotvením prstencem s věncem vrtaných kotev po vnějším obvodu válcového pláště. Uvnitř je vytvořeno zvýšené betonové dno se sklonem 1 % k výpustnímu hrdlu, zakryté plechovou podlahou.

Tato konstrukce umožňuje úplné vypuštění absorbéru. Zvýšené dno je smykově spojeno se základem, takže přenáší do základu všechny vodorovné síly od absorbéru, zatímco prstencem s kotvami přenáší pouze síly svislé. Vnitřek absorbéru je vyložen pogumováním, což vyvolává speciální požadavky na vnitřní povrch ocelového pláště. Povrch musí odpovídat požadavku na ostré nerovnosti - stupeň 4A podle DIN EN 14879-1. V praxi běžné válcované plechy tomuto



Obr. 3 – Sestava absorbérů se schodišťovými věžemi

požadavku vyhovují. Rovněž všechny tupé svary plechů na vnitřním povrchu absorbérů musí být zabroušeny a koutové svary na vnitřních hranách hrdel a přírub musí být zaobleny na 4 mm u konvexního tvaru a na 9 mm u konkávního tvaru, aby nedošlo k lámání nebo protržení gumové vrstvy. Předpokládá se, že dolní část absorbérů pod kónickým přechodem bude zaplavena suspenzí, dopadající ze sprchových úrovní. Tato část je tedy provedena v souladu s EN 14015, se všemi požadavky na vodotěsnost svarů, vzdálenosti sousedních svarů a minimální úhly křížení svarů. V místě nejvyšší povolené hladiny je přepad propojený s výpustním hrdlem, který znemožňuje zaplavování vyšších částí absorbérů.

Statically je absorbér řešen jako soustava dvou válcových a jedné kuželové skořepiny podle norem EN 1993-1-4 a EN1993-1-5. Válcové skořepiny nad a pod kuzelem jsou vyztuženy základovým prstencem, střešou a mezilehlými kruhovými (prstencovými) výztuhami, kuželová část je vyztužena pouze kruhovými výztuhami v místě horního a dolního zlomu do válcové části. Absorbér je zatížen vlastní tíhou, vnitřním podtlakem, hydrostatickým tlakem v zaplavené části a klimatickým zatížením větrem a sněhem. Předpokládá se maximální teplota 80°C, jinak by došlo ke zničení pogumování a technologie. Výpočet absorbérů jako celku provedla firma ANDRITZ podle výše uvedených norem.

Vstup surových spalin do absorbérů je zajištěn pomocí vstupního objektu (inlet) propojujícího výstupní kompenzátor potrubí surových spalin tvaru ležatého obdélníka 3,10 x 8,80 m s otvorem v plášti absorbérů. Osa potrubí je v tomto místě v úrovni +18,050 m, nejnižší bod vstupu musí být nad zaplavovanou částí. Dolní plocha vstupního objektu je ve sklonu směrem k absorbérům. Na průniku s válcovou stěnou absorbérů tedy vzniká obdélníkový

otvor s dolní hranou mírně vyklenutou nahoru. Vzhledem k velikosti otvoru by mohlo dojít k porušení statiky celého absorbérů, proto byla oblast okolo vstupu podrobně vymodelována a posouzena v softwaru Scia Engineer.

Otvor je lemován při horní a dolní hraně zdvojenou prstencovou výztuhou, ze stran svislými výztuhami a uprostřed opatřen svislým sloupkem uzavřeného čtvercového profilu. Stěny vstupního objektu vstupují dovnitř absorbérů a tvoří stříšku a postranní výztuhy otvoru. Stěny vstupního objektu jsou tvořeny zvláštním materiálem – slitinou Alloy 59, která se skládá převážně z niklu a chromu a obsahuje méně než 1,5% železa. Důvod použití tohoto zvláštního a velmi drahého materiálu je odolnost proti chemicky velmi agresivnímu prostředí, které ve vstupním objektu vzniká, když se plynný SO₂ poprvé smísí s oplachovací vodou z trysek. Toto prostředí je mnohem agresivnější než prostředí uvnitř absorbérů, kde jako ochrana pláště postačuje vnitřní pogumování. Vnitřní povrch pláště absorbérů je vyložen Alloyem 59 pouze v blízkosti hran vstupního otvoru. Vnější výztuhy na vstupním objektu jsou z běžné konstrukční oceli, zrovna tak hranatý sloupek je slitinou pouze opláštěn. Svařování běžné oceli s Alloyem 59 je technologicky náročný proces.

Nad vstupem surových spalin jsou čtyři sprchovací (rozstříkovací) úrovně (spray bank) na úrovních +22,10, +23,80, +25,40 a + 27,60 m. Každá úroveň je vybavena dvěma příčnými nosníky uzavřeného průřezu a dvěma vstupními hrdly. Těmito hrdly vstupují dovnitř absorbérů potrubí s vápencovou suspenzí, která procházejí po příčných nosnících absorbérů a z řady bočních trysek umožňují sprchování v celém průřezu absorbérů. Nad nejvyšší sprchovací úrovní se nachází odlučovač kapek (mist eliminator), umístěný na pěti příčných nosnících. Výstup čistých spalin se nachází na nejvyšším

místě válcového pláště absorbérů, těsně pod střešou. Má průřez ležatého obdélníku rozměrů 4 x 6 m a je ze stejného materiálu jako plášť absorbérů. U absorbérů 24 a 25 je ukončen klapkou. Za klapkou pokračuje krátký díl potrubí o stejném průřezu, který je ukončen kompenzátozem, za kterým pokračuje sklolaminátové potrubí čistých spalin. U absorbérů 23 navazuje 22,6 m dlouhá vodorovná část ocelového potrubí, která zasahuje až nad střešou čerpadlovny, kde je přes kompenzátor napojena na sklolaminátové potrubí. Ocelová část potrubí je vetknuta do absorbérů a na opačném konci je podepřena všesměrně kyvnou stojkou na střeše čerpadlovny.

Absorbér je vybaven dveřmi, průlezy a řadou hrdel různého průměru i sklonu, na která navazují technologická potrubí, průhledy a měřicí zařízení. Kvůli přístupu k měřicím bodům a průlezům je každý absorbér opatřen čtveřicí kruhových lávek kolem celého obvodu a řadou lávek menších. Přístup na tyto lávky je ze dvou schodišťových věží mezi absorbéry, z nichž jedna je navíc vybavena výtahem. V hlavních úrovních je možno přes podesty schodišťových věží přecházet mezi jednotlivými absorbéry.

Podobně jako u potrubí surového plynu, absorbéry se montovaly z plechových segmentů, vyrobených v závodě Exxon Steel. Jednu výškovou úroveň – kroužek – tvořilo pět segmentů (popř. ve vyšší části čtyři segmenty) výšky 2 000 mm, které se uspořádaly do kruhu. Ve svislých styčných liniích byly segmenty svařovány nesymetrickými tupými X-svary. Poslední segment kroužku měl montážní přesah 100 mm, byl na montáži zkrácen přesně na požadovanou délku a K-svarem přivařen na začátek prvního dílu. Tím byl ukončen první kroužek a na něj se – s předepsaným pootočením – navazovala shodným postupem vyšší úroveň, a tak se pokračovalo až do sestavení celého absorbérů. Po dokončení vyšší úrovně se na předchozí nižší úroveň musely navazovat kruhové výztuhy, aby se zajistila statická funkce pláště, teprve potom se mohlo pokračovat dál. Kónická část byla tvořena jedním kroužkem segmentů ve tvaru prohnutých lichoběžníků. Nejnižší kroužek absorbérů měl dolní hranu ve tvaru sinusoidy, takže po osazení na základový prstenc v sklonu 1 % byla horní hrana kroužku vodorovná.

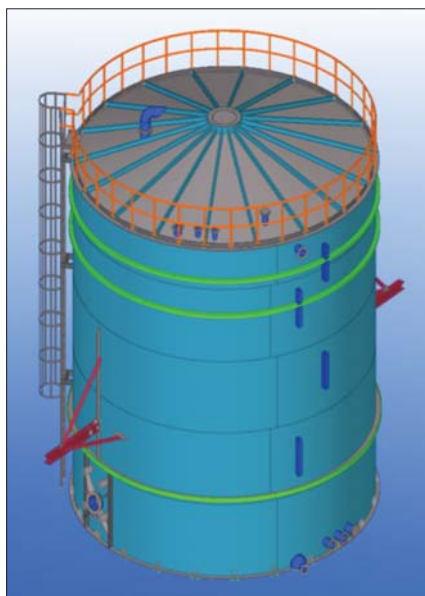
Popsaný způsob montáže si vyžádal velkou pečlivost při svařování. Zejména bylo nutné postupně provádění svarů tak, aby se do konstrukce nevnášela vnitřní pnutí, která by ji mohla zkroutit. V místě otvoru pro vstup surových spalin se předem vynechaly segmenty, které leží celé uvnitř otvoru, do okolního pláště se po smontování vypálil přesný tvar otvoru. Obdobným způsobem se provedl i otvor pro výstup čistých spalin. Všechny otvory pro hrdla byly vypáleny do hotového pláště. Vlastní konstrukce vstupu a výstupu byla předmontována na zemi a vcelku vyzvednuta do finální pozice a přivařena. Vnější povrch pláště absorbérů – s výjimkou částí zasahujících do vnitřku

čerpadelny – byl vybaven trny, které slouží pro nesení izolačního pláště.

Pro shromažďování vápencové suspenze před jejím použitím v absorběru jsou určeny dvě shodné nádrže (LST1 a LST2) válcového tvaru o výšce 14,0 m a průměru 10,0 m. Dále je součástí projektu společná vypouštěcí nádrž (EST) pro shromažďování suspenze z absorběru před další úpravou v případě revizí. Tato válcová nádrž je 20,0 m vysoká a má průměr 13,5 m. Všechny tři nádrže jsou vybaveny průlezy a řadou hrdel pro připojení potrubí. Způsob kotvení, montáže a osazování hrdel je shodný s postupem použitým u absorběrů. V rámci odsíření byly vybudovány ještě dvě menší ocelové nádrže: nádrž filtrátu (FT) a tepelně izolovaná nádrž procesní vody (PWT).

Potrubí čistých spalin

Doprava čistých spalin od absorběrů k chladícím věžím zajišťuje potrubí čistých spalin. Vzhledem k tomu, že teplota plynů a chemická agresivita po průchodu absorběrem je již nízká, je toto potrubí navrženo jako sklolaminátové.



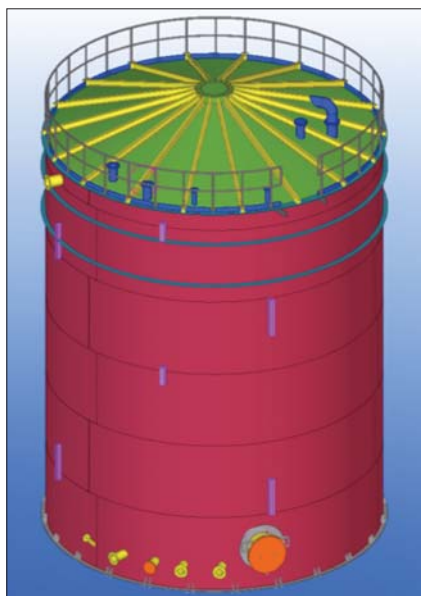
Obr. 4 – Nádrž filtrátu (FT)

Po výstupu z jednotlivých absorběrů se tři potrubí spojují na střeše čerpadelny do jediného válcového potrubí o průměru 8 800 mm. Potrubí je nesené ocelovými prostorovými příhradovými věžemi, jednotlivé úseky potrubí mezi sousedními věžemi působí jako prosté nosníky, na jedné věži pevně a na druhé posuvně uložené. Převíslé konce mezi uloženími jsou nad středem každé věže spojeny kompenzátorem. Sklolaminátové potrubí je uloženo do ložisek tvaru obráceného ocelového polorámu, mezi jehož vrcholy je prověšený plech tvořící sedlo. Obdobně jako u potrubí surového plynu krajní stojky nesou svislé síly, vodorovné síly se přenášejí v nejnižším bodě pod osou potrubí.

U osově neposuvných ložisek je zde ještě malý příčný rám (stolice). Jedna z věží je vybavena schodištěm a soustavou přechodů a lávek

pro přístup k řadě měřících a odběrných míst na obou stranách potrubí. Na věži F se potrubí rozdvouje. Následně věže G a H, každá na jiné větví potrubí, nesou klapky, kterými je možno uzavřít potrubí do jedné nebo obou chladících věží. Do chladících věží vstupuje potrubí otvorem v hyperbolickém betonovém plášti a je osazeno na příhradovou věž v ose chladící věže, na níž se ohýbá svisle vzhůru. Dodavatelem a projektantem sklolaminátového potrubí včetně podporových rámu byla belgická firma ACS (Anti Corrosion Systems), dodavatelem a projektantem příhradových věží byl Excon.

Statický výpočet věží byl proveden pomocí modelu v Scia Engineer, kde byly modelovány nejen věže, ale i celé potrubí. Vzhledem ke složitě dispozici a často se měnícímu směru potrubí, bylo použito zatížení větrem ve směru souřadnic +x, -x, +y, -y, pootočených postupně o 0°, 11° a 45°. Vítr se tedy počítal jako výběrová skupina z 12 zatěžovacích stavů, při nichž každé docházelo k extrémnímu namáhání v jiné části potrubí. Společné modelování dávalo realističtější (nižší) vodorovné reakce na věžích



Obr. 5 – Nádrž procesní vody (PWT)

o skutečné tuhosti, než by byly reakce ze statického výpočtu, který by uvažoval všechny podpory jako nekonečně tuhé.

Protože rozměry jednotlivých dílců potrubí znemožňují jejich přepravu, firma ACS prováděla výrobu a montáž sklolaminátového potrubí přímo na staveništi v provizorní zastřešené výrobě. Hotový dílec se pomocí autojeřábů dopravil na určené místo a vyzvedl na příhradové věže do ložisek. Přechody a části věží, přesahující potrubí, byly smontovány dodatečně.

Čerpadelna a odvodnění sádrovce

Ke třem absorběrům přiléhá od severu společný objekt čerpadelny a odvodnění sádrovce. V objektu se nachází jednak řada dvannácti čerpadel (4 pro každý absorběr), která čerpají suspenzi do svislých recirkulačních potrubí

vzhůru k sprchovacím rovinám absorběrů. Dále jsou v budově zařízení pro úpravu sádrovce, který vystupuje z procesu odsíření. Je zde zařízení pro dooxidování sádrovcové suspenze, hydrocyklóny a pásové filtry pro její odvodnění. Reverzní dopravníky v čele budovy umožňují transport odvodněného sádrovce buď k železniční nakládkе, nebo na druhou stranu na skládku sádrovce. Za tímto účelem navazuje na budovu 130 m dlouhý most s pásovým dopravníkem.

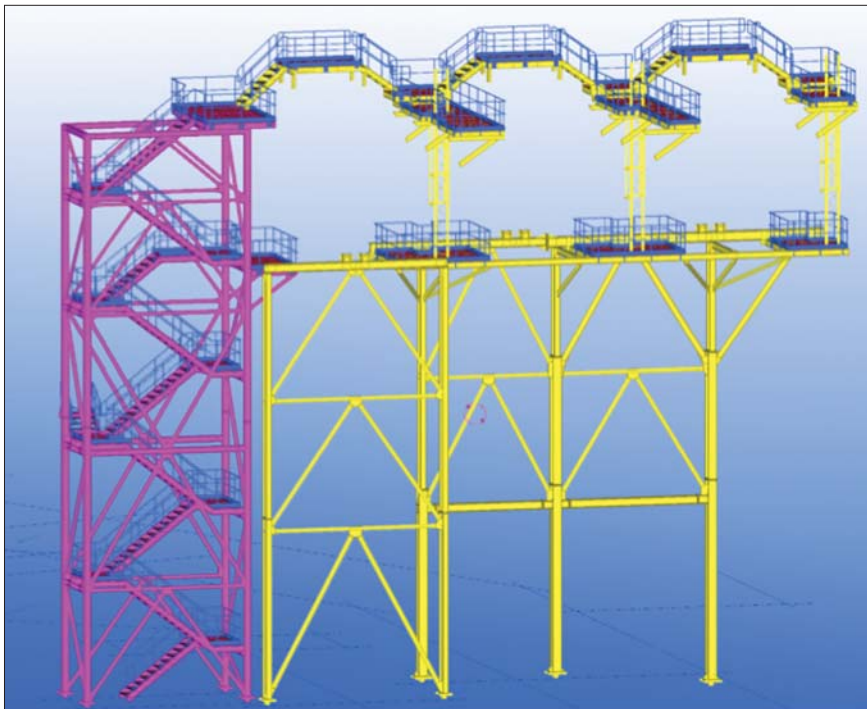
Budova je v části půdorysu dvoupodlažní o výšce 11 m, v části půdorysu třípodlažní o výšce 22 m. Na úrovni +11,2 m je podlaží, zčásti tvořené železobetonovou deskou, z části ocelovou konstrukcí zakrytou rošty. V prostoru nad tímto podlažím je řada dalších technologických podlaží, zaujímajících pouze část půdorysu budovy. Při severní podélné stěně je dvoupodlažní střešní nástavba (penthouse), v níž jsou umístěny hydrocyklóny. Staticky tvoří budovu ocelový skelet, v příčném směru ztužený dvoupodlažním rámem hlavní haly, v podélném směru stabilizovaný ztužidly. Se skeletem jsou pevně propojeny schodišťové věže mezi absorběry, které díky příhradovému ztužení mají větší tuhost než dvoupodlažní příčný rám, a tak se zásadním způsobem podílejí na příčném ztužení haly. Při severní straně je do nosného systému integrována mohutná příhradová věž, vystupující nad střechem budovy do úrovně +35 m a tvořící podporu pro sklolaminátové potrubí čistých spalin, procházející nad střechem budovy. Vertikální komunikaci zajišťují již zmíněné schodišťové věže, jedna s nákladním výtahem a řada dílčích schodišť.

Montáž a výměnu technologie v hlavní hale umožňují mostové jeřáby na dvou různých výškových drahách. Absorbéry z jihu částečně vstupují do obrysu haly, ale jsou od ní staticky odděleny dilatační spárou. Přestože jde o standardní konstrukci, z hlediska projektování se jednalo o nejobtížnější objekt celého odsíření, zejména pro jeho rozsah a složitost.

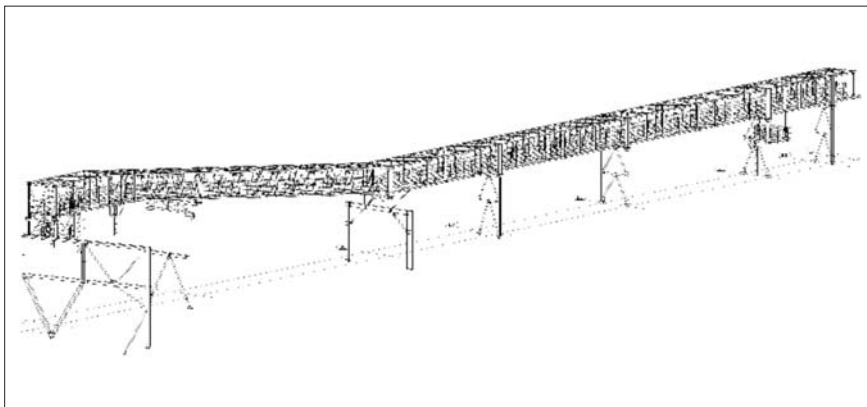
Projekty a výrobní dokumentace

Firma Excon zpracovala na všechny objekty odsíření projekt pro stavební povolení (Basic Design) a projekt pro realizaci stavby (Detail Design). V rámci dodávky ocelových konstrukcí zpracovala výrobní dokumentaci všech dodávaných objektů.

Basic Design byl zpracován na podzim roku 2008 s datem konečného předání v únoru 2009. V rámci tohoto projektu byly zpracovány statické výpočty a dispoziční výkresy objektu čerpadelny a odsíření, potrubí surových spalin, příhradových podpor potrubí čistých spalin a mostu pro dopravník sádrovce. Statické výpočty absorběrů a nádrží zpracovala firma ANDRITZ, Excon připravil pouze výkresovou dokumentaci. Jedinou detailní dokumentaci v rámci Basic designu byly výkresy kotvení, které spolu s předběžnými základovými zatíženími byly předány podstatně dříve před konečným



Obr. 6 – Náhled na jednu z podpor potrubí surových spalin



Obr. 7 – Most pro dopravník sádrovce

termínem, aby se urychlily práce na stavební části projektu.

Detail Design byl zpracován přibližně o rok později s konečným termínem leden 2010. Původní myšlenkou tohoto stupně je hlubší rozpracování Basic Designu, statické posouzení a vykreslení významných styčnickových detailů a doplnění detailů pro návaznosti na jiné profese (opláštění, dveře, okna, technologie atd.). Tento účel byl splněn u absorberů a nádrží, kde byly zpracovány detailní výkresy dveří, prostupů, hrdel, lávek a žebříků. Na dokumentaci pro ocelové konstrukce se negativně podepsala zdoluhavá jednání o EIA, o kterých jsme psali již v úvodu. Projekty navazujících technologií, potrubí apod. byly značně zpožděny, a to způsobilo řadu změn v projektech až ve fázi dokončování Detail Designu.

Výrobní dokumentace ocelových konstrukcí (čerpadlovna, podpory potrubí surových spalin, podpory potrubí čistých spalin, podpory dopravníku sádrovce) byla provedena pomocí 3D modelu v softwaru Tekla. Nejobsáhlejším

objektem byla čerpadlovna s odvodněním sádrovce. Příprava výrobní dokumentace (VD) pomocí 3D modelu Tekla umožnila rozdělení do expedičních fází a jejich postupné vydávání podle harmonogramu výroby a montáže. Jedině tak mohla příprava výrobních výkresů stačit tempu výroby. Navíc 3D model umožňoval průběžně zapracovávat změny z požadavků technologie. Tyto změny byly předávány ve formě 3D modelů ve formátu .dgn, které byly následně vkládány do 3D modelu jako referenční objekty. Takto byly do modelu vloženy technologické objekty, stavební konstrukce (betonové desky na podlažích), ale hlavně celý systém potrubí zpracovávaný firmou Arlet Paskov. Tímto způsobem mohly být v rychlém tempu řešeny kolizní body, upřesněny polohy prostupů a podepření TG na ocelovou konstrukci. Změny, které mohly mít vliv na statiku konstrukce, byly současně zanášeny do statického 3D modelu Scia Engineer, který byl průběžně aktualizován a posuzován. Další výhodou práce s modelem Tekla je možnost kontroly

koordinátorem vložením do kompatibilního 3D modelu, který obsahuje ostatní objekty elektrárny mimo dodávky Exconu (stávající i nové).

Jak je vidět, postup projektování se z tradičního schématu změnil v proud neustále se aktualizující konstrukce. Tato metoda, umožněná používáním 3D modelů, se bude zřejmě v 21. století používat čím dál více. Její výhody jsou rychlost a flexibilní reakce na průběžné změny. Klade ale daleko větší nároky na projektanta, vyžaduje vyšší pozornost a pečlivost a podrobnou kontrolu.

Výrobní dokumentace absorberů a nádrží byla provedena kombinovanou metodou. Dispoziční výkresy plášťů, střeš a detaily dveří, prostupů a hrdel byly kresleny v 2D systému AutoCad. Současně byly ale vytvářeny 3D modely Tekla kvůli kontrole vzájemné polohy hrdel, výztuh, lávek, průřezů a návaznosti na sousední objekty. Výstupem z Tekly byly provedeny výkresy prstencových i svislých výztuh a kruhových lávek. Potrubí surových spalin bylo modelováno v 3D systému AdvancedSteel.

Výroba ocelových konstrukcí a montáž

Pro výrobu a montáž ocelových konstrukcí byl zadavatelem těchto prací předepsán plán kvality, který stanovoval technicko-dodavatelské podmínky pro všechny kroky výrobního procesu od zpracování technické dokumentace až po montáž.

Výroba a montáž ocelových konstrukcí absorberů a tanků se řídila ČSN EN 14015 a ostatní ocelové konstrukce se realizovaly v souladu s ČSN EN 1090-2. Průběh svařovacích prací byl řízen dle ČSN EN 3834 a nedestruktivní kontroly svarů – penetrační zkoušky, kontroly svarů ultrazvukem nebo rentgenem - prováděné jak ve výrobních závodech tak přímo na stavbě se řídili odpovídajícími normami.

Po předchozích zkušenostech s montáží válcových plášťů nádob se v Pruněrově svari na plášti absorberů svařovaly poloautomaticky, tak, aby se co nejvíce omezil vliv „lidského faktoru“ na kvalitu svarů. U svarů v poloze PC se použila metoda svařování pod tavidlem (metoda 121) a u svarů v poloze PF metoda tavící se elektrody v aktivním plynu (metoda 135), nebo metoda svařování plněnou elektrodou v aktivním plynu (metoda 136). Pouze stehování jednotlivých lubů před svařováním se v poloze PF i PC provádělo ručně metodou 111 (elektrodou). Ve všech uvedených postupech byly konkrétní parametry svařování určeny tak, aby při svařování nedocházelo k deformacím pláště nádob. Použití poloautomatického způsobu svařování je při porovnání s ručním svařováním velmi efektivní a s kvalitou svarů nebyly žádné problémy.

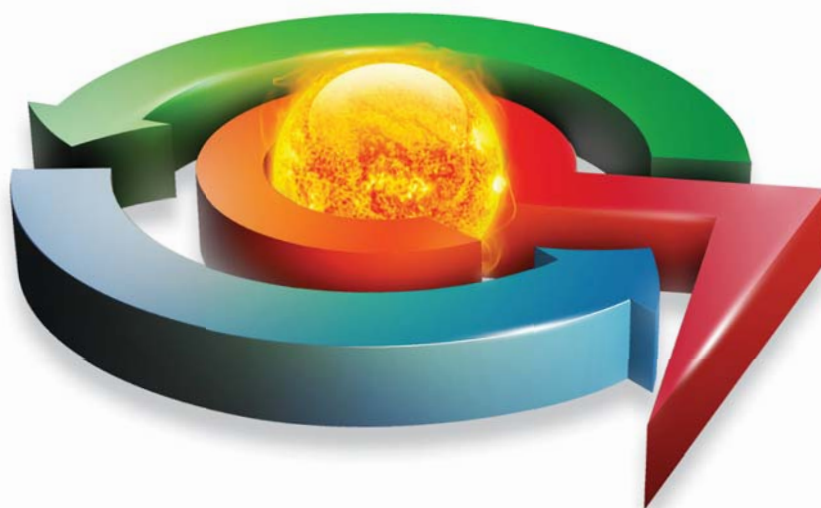
Celá akce se realizovala dle podrobného harmonogramu stavby, který stanovoval milníky dokončení nejdůležitějších částí tak, aby navazující práce (instalace technologií, opláštění) a následně propojení jednotky odsíření s ostatními částmi rekonstruované elektrárny

POZNAMENEJTE SI!!

DNY TEPLÁRENSTVÍ A ENERGETIKY

26.–27. 4. 2016 | HRADEC KRÁLOVÉ

Kongresové výstavní a společenské centrum ALDIS



www.dnytepen.cz, www.tscr.cz, www.exponex.cz

PŘIPRAVOVANÁ TÉMATA:

- Evropská strategie pro dálkové vytápění
- Příležitosti a rizika soustav zásobování teplem
- Technika a technologie pro teplárenství – trendy, novinky, inovace
- Energetická legislativa, její změny a dopady na provozovatele
- Odpady a jejich využití v energetice – (bioodpady, spalovny komunálních odpadů, spoluspalování alternativních paliv, energetické využití odpadů)
- Role tepláren v transformaci energetiky
- Požadavky evropské legislativy na snižování emisí ze spalovacích zdrojů
- Energetické úspory v městech a obcích

Pořadatel:

TEPLÁRENSKÉ SDRUŽENÍ
České republiky

Organizátor:

EXPONE

Ministerstvo životního prostředí



ASOCIACE KRAJŮ
ČESKÉ REPUBLIKY



Mgr. František Lukl, MPA
předseda Svazu měst
a obcí České republiky



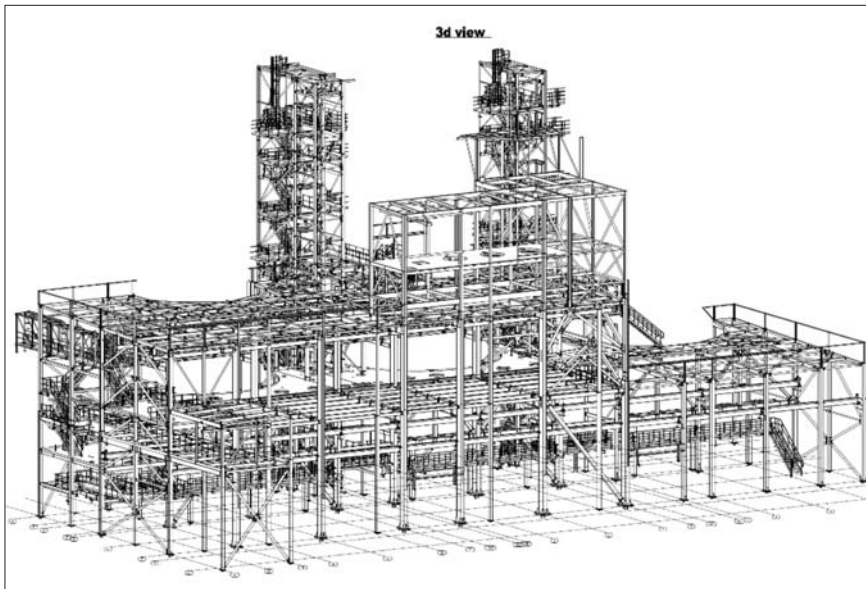
byly v souladu s přáním investora. Při plnění všech částí realizačního procesu byly dodrženy požadavky na kvalitu a splněny jednotlivé termíny dohodnuté s objednatelem.

EXCON, a.s. zajišťoval projekční práce, zpracování výrobní dokumentace, management kontroly kvality prováděných prací a prostřednictvím svých zaměstnanců řídil montážní práce ocelových konstrukcí na staveništi. Generálním dodavatelem plechů pro výrobu absorberů a tanků byla společnost Salzgitter Mannesmann Stahlhandel s.r.o.

Výrobu hlavních částí ocelových konstrukcí tanků a absorberů zajišťovala společnost EXCON STEEL, a.s., výrobu potrubí surového plynu společnost Energetické opravy, a.s. a výrobu ocelových konstrukcí budovy čerpací stanice, podpor vedení surového a čistého plynu společnost METROSTAV a.s., divize 3 jako subdodavatelé společnosti EXCON a.s. Montážní práce pro společnost EXCON a.s. zajišťovaly společnosti SAM - SHIPBUILDING AND MACHINERY a.s. a společnost Montáže Chrudim s.r.o.

Název stavby: Komplexní obnova Elektrárny Pruněrov II, Odsíření spalin (Flue Gas Desulphurization – FGD), ocelové konstrukce

Generální projektant a dodavatel:
ANDRITZ, Graz, Rakousko
Projektant ocelových konstrukcí:
Excon a.s., Praha



Obr. 8 – OK Objekt čerpadlovny

Dodavatel ocelových konstrukcí:
Excon a.s., Praha
Vedoucí projektu:
Štěpán Trantina
Vedoucí projektu Basic a Detail Design:
Ing. Petr Kyzlík
Vedoucí výrobní dokumentace:
Ing. Jindřich Beran
Vedoucí dodávky o.k.:

Pavel Beran
Stavbyvedoucí:
Michal Dudek, Matěj Kadlec, Ing. Lukáš Hrazdíra
Svařovací dozor:
Ing. Vladimír Eschner, IWE
Termín dokončení:
12/2014

**Ing. Petr Kyzlík,
EXCON, a.s.**

New desulphurisation in the Pruněrov Power Plant II

Between the years 2012 and 2014 a total renovation of Pruněrov Power Plant II took place. Of the original five blocks of the plant, designated 21-25, three blocks (23 to 25) were completely reconstructed, more accurately completely disassembled and replaced by a new technology increasing the power of each block from 200 to 250 MW. The remaining two blocks 21 and 22 provided a limited operation of the plant during the period of reconstruction. After completion of the reconstruction they will be shut down. The initial installed capacity of Pruněrov Power Plant II was 5 * 200 = 1000 MW, after the reconstruction it will only be 3 * 250 = 750 MW. Installed capacity is therefore going to be reduced by a quarter. The reason for the reconstruction, however, was not to increase performance. The main reason was the replacement of the obsolete units from 1985 for the units with boilers with a new design, which would better suit to the changed composition of the fuel coal. Another reason was the environmental aspect, increasing the efficiency of the blocks, i.e. decreasing the amount of the fuel used and therefore also emissions recalculated per unit of energy produced. In connection with this point, it is interesting to mention the requirement to increase the effectiveness of blocks over 42% of which was raised in the context of approval of the document about the impact of construction on the environment (EIA). The requirement which was at its time very politicized and also internationally, but was unattainable with an existing type of technology. It would be necessary to build new boilers of a completely different structure and other dimensions, simply put, to build a new plant. Finally, an originally proposed solution was enforced, where the effectiveness of the plant, calculated according to EU methodology, reaches about 38%. Still, the achieved environmental improvement is significant, at one-quarter drop in performance occurs about a half-drop in emissions compared to the original state.

Новое обессеривание на электростанции Прунержов II

В течение 2012 - 2014 годов прошла полная реконструкция электростанции Прунержов II. Из пяти первоначальных блоков электростанции, обозначенных 21 - 25, три блока (23, 24, 25) были полностью реконструированы, точнее полностью демонтированы и заменены новой технологией с повышением мощности с 200 на 250 MW. Оставшиеся два блока 21 и 22 обеспечивали ограниченную эксплуатацию электростанции в период реконструкции. После завершения реконструкции они будут остановлены. Первоначальная мощность электростанции Прунержов II составляла 5*200 = 1 000 MW, после реконструкции - лишь 3*250 = 750 MW. Мощность после реконструкции таким образом снизилась на четверть. Однако целью реконструкции не было увеличение мощности. Главной причиной была замена старых блоков с 1985 года на блоки с котлами новой конструкции, которые отвечают требованиям при использовании изменённого состава топливного угля. Следующей причиной была экология - повышение эффективности, а значит уменьшение расходов топлива и, таким образом, снижение эмиссии в расчете на единицу произведенной электроэнергии. В связи с этим интересно отметить требование о повышении мощности блока свыше 42%, которое было выдвинуто в рамках утверждения документов о влиянии строительства на окружающую среду (EIA). Требование, которое в свое время было очень позитивным и на международном уровне, было невыполнимо у нового типа технологий. В таком случае нужно было бы построить котлы совершенно другой конструкции и других размеров. Короче говоря, построить совершенно новую электростанцию. Наконец было принято первоначально предложенное решение. Причем, мощность электростанции, просчитанная по методикам ЕС, достигает лишь 38%. Таким образом, и в экологическом отношении произошли значительные изменения к лучшему. При сокращении мощности на четверть эмиссия сокращается на половину по сравнению с первоначальным состоянием.