

Vzduchotechnika v jaderných elektrárnách (3. část)

Ventilation Systems in Nuclear Power Plants (3rd part)

Recenzent
prof. Ing. František Drkal, CSc.

Třetí část pokračování seriálu článků je věnována dalším systémům, které jsou navrhovány pro kontejnment (KTM) a hermetický prostor (HP), a systémům pro ostatní důležité prostory budovy reaktoru mimo aktivní provoz.

Klíčová slova: jaderná elektrárna, bezpečnost, vzduchotechnické systémy, vzduchotechnická zařízení, vzduchotechnické prvky

The third part of the paper series deals with other systems that are designed for containment (KTM) and hermetically sealed space (HP), and systems for other vital areas of the reactor building, outside the active plant.

Keywords: nuclear power plant, safety, ventilation systems, HVAC equipment, HVAC elements

VZDUCHOTECHNICKÉ SYSTÉMY PRO JEDNOTLIVÉ TECHNOLOGICKÉ PROSTORY

Popis základních systémů vzduchotechniky navrhovaných pro KTM HP (pokračování 2. části [2])

S09 systém chlazení hermetických průchodek

Prostory, ve kterých je umístěn primární okruh jaderného reaktoru, a to KTM i HP, musí být potrubím propojeny se spolupracujícími technologickými systémy umístěnými mimo KTM/HP. Tato média jsou „horká“ a „studená“. Horká jsou taková, kdy jejich teplota může způsobit vysoušení betonu stěny, již procházejí, a studená, která beton nevysouší. Horké je například parní potrubí od parogenerátoru k parní turbíně. Další nutné propojení je se zdroji elektrického napájení a systémem řízení, tj. kabely. Kabelové průchody se nechladí. Průchody přes stěny KTM a HP se dělí na horké a studené. V případě studených potrubních průchodů postačuje průchod vhodně utěsnit, aby nedocházelo přes něj k úniku ovzduší KTM/HP do okolí. V případě horkých průchodů přes stěny KTM/HP je nutno kromě jejich utěsnění zajistit i jejich chlazení. Tento požadavek vychází z toho, že stěny KTM/HP jsou v případě nehody namáhány přetlakem v KTM/HP, a proto mají silnou armovací výztuž. V místě horkého průchodu stěnou by docházelo k dehydrataci betonu a tím by se snižovala pevnost železobetonové konstrukce. V důsledku toho je procházející potrubí uloženo v „průchodce“ (systém trubka v trubce) a technologické potrubí nepřichází do styku se stavební konstrukcí KTM/HP. Prostor mezi stěnou průchodky a horkým potrubím se chladí. Chladí se vzduchem ze vzduchotechnického cirkulačního chladicího systému.

Používaná jsou dvě řešení. V prvním případě (systém není znázorněn) je chlazená průchodka připojena na cirkulační potrubní rozvod vzduchu „přívod-odvod“. Systém se skládá z vysokotlakého ventilátoru, vodního chladiče vzduchu, armatur a vzduchotechnického potrubí. Řešení zálohování vzduchotechnického zařízení je systémem 1+2. Chladiče jsou připojeny na tři systémy technické vody důležité. Elektrické spotřebiče jsou připojeny ke třem sítím zajištěného elektrického napájení II. skupiny. Systém je zařazen do podkategorie seismické odolnosti 1a a do vybraných zařízení bezpečnostní třídy BTIII. Je to systém související s jadernou bezpečností (SSB).

V druhém případě (systém S09, obr. 2 ve 2. části článku – viz str. 226 [2]) je vzduch přiveden do průchodky vzduchotechnickým potrubím a výdech vzduchu je vyústěn z průchodky do prostoru, kde je chlazená průchodka umístěna. Strojovna chlazení průchodek je chlazená

autonomní cirkulační chladicí jednotkou, která tuto strojovnu vychlazuje jako celek. V obou případech se do průchodky přivádí vzduch s teplotou +40 až +45 °C. Teplota vzduchu na výstupu z průchodky je v rozmezí +80 až +90 °C. Řešení zálohování vzduchotechnického zařízení je systémem 1+2 (i 1+1). Chladiče jsou připojeny na tři systémy technické vody důležité. Elektrické napájení je připojeno na tři (dva) systémy zajištěného napájení II. skupiny. Systém je zařazen do podkategorie seismické odolnosti 1a a do vybraných zařízení bezpečnostní třídy BTIII. Je to systém související s jadernou bezpečností (SSB).

S10 systém větrání KTM/HP při odstaveném reaktoru R

Do KTM a HP je nutno vstoupit při výměně paliva v reaktoru (nevyměňuje se všechno palivo) anebo při potřebě vstupu do těchto prostorů při odstaveném reaktoru v důsledku nutné opravy některého zařízení uvnitř KTM/HP. Pro vstup obsluhy se vytvářejí podmínky prostředí potřebné pro práci personálu a při tom je nutno vzít v úvahu i sálání technologických zařízení, která jsou umístěna v KTM/HP.

V případě, že **RS je součástí KTM**, zajišťuje parametry prostředí systémem **S07**.

Pro **HP**, při odstaveném reaktoru, je pro vytvoření vhodných pracovních podmínek v HP navržen samostatný přívodní systém **S10**, který svým vzduchovým, tepelným a chladicím výkonem zajistí parametry prostředí z hlediska teploty v rozmezí +23 až +28 °C. Intenzita větrání je 2 h⁻¹. Systém má jednu (1+0) přívodní jednotku složenou z filtrační komory, vodního ohříváče, vodního chladiče a ventilátorové komory. Odvod vzduchu (1+0) zajišťuje odvodní systém, který je vybaven jedním ventilátorem a filtrační stanicí pro filtraci RAL včetně jodu a jeho sloučenin. Systém je vybaven obtokem filtrační stanice pro případ, že je možno větrací vzduch vypouštět přes VZT komín do venkovního ovzduší bez filtrace. Systém S10 může pracovat také jako cirkulační s filtrací. Tento provoz se používá v případě, že je nutno vyměnit prostředí v HP po nehodě spojené s únikem média primárního okruhu do HP. Filtrace s cirkulací odsávaného vzduchu se provádí tak dlouho, až koncentrace radioaktivních látek obsažených ve vzduchu za filtry umožňuje vzduch z HP vypustit do venkovního prostředí.

Elektrické napájení je připojeno k systému zajištěného napájení II. skupiny. Systém je celý zařazen do podkategorie seismické odolnosti 1b a do vybraných zařízení BTIII. Je to systém související s bezpečností (SSB).

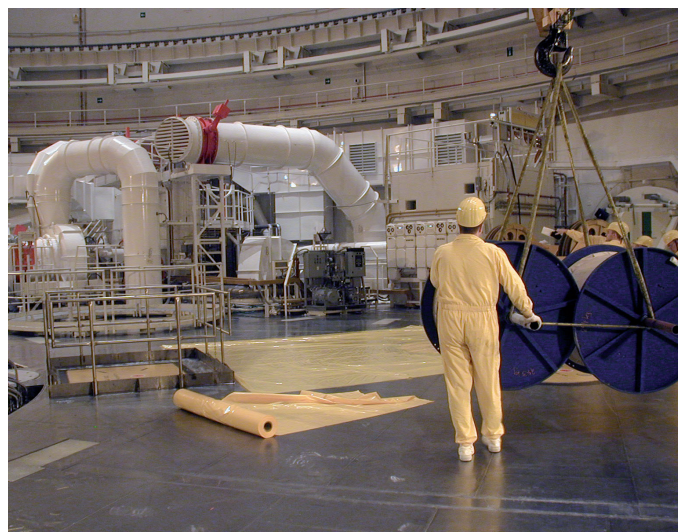
S11 systém likvidace vodíku v KTM/HP

Při roztržení primárního potrubí a výronu média primárního okruhu vzniká v KTM/HP parovzdušná směs (tzv. maximální projektová havárie). Při tom dochází ke kontaktu této směsi s povrchy materiálů, které umožňují generaci vodíku a jeho únik do prostoru KTM/HP. Pro zamezení vzniku výbušné koncentrace jsou do prostoru KTM/HP na vhodná místa rozmístěna zařízení, která katalytickým spalováním snižují koncentraci vodíku ve vzniklé směsi. Zařízení nazvané rekombinátor vodíku začíná pracovat při koncentraci vodíku 4 % obj. Pro zvýšení bezpečnosti jsou do prostoru instalována další zařízení nazývaná zapalovače vodíku. Zapalovače začínou zapalovat vodík při stoupnutí jeho koncentrace na 7 % obj. V současné době jsou k dispozici také zařízení, která v sobě slučují obě funkce. Tato zařízení jsou pasivní, protože nepotřebují ke svému provozu žádný zdroj energie. Jsou skříňového/potrubního provedení s vhodně stanovenou výškou/délkou, kdy ve spodní části zařízení dochází při rekombinaci k vývinu tepla, které způsobí proudění parovzdušné směsi směrem vzhůru skříni, jež má nahoře výstupu pro výstup směsi do prostoru KTM/HP. Výpočet potřebného množství těchto zařízení k likvidaci vzniklého vodíku a jejich vhodného umístění v KTM/HP je předmětem speciálních výpočtů. Na základě výkonu jednotlivých zařízení, která se použijí, se stanoví jejich počet. Výkon jednoho zařízení je například 5,4 kg/h spáleného vodíku při $t = +60^\circ\text{C}$, tlaku 0,15 MPa. Počet těchto zařízení se pohybuje v rozmezí 60 až 100 ks na jeden chráněný objem. Zařízení je znázorněno na schématu pro KTM. Materiál skříně je nerezový plech. Zařízení je zařazeno do seismické podkategorie 1a a do vybraných zařízení bezpečnostní třídy BTIII. Zařízení nevyžaduje elektrické napájení. Je to systém související s jadernou bezpečností (SSB).

S12 chlazení reaktorového sálu v KTM

při provozu reaktoru R (obr. 1)

Reaktorový sál je nejvýše umístěný prostor v KTM. Jsou v něm umístěna zařízení, která při normálním provozu bloku nemají být vystavena teplotám okolního prostředí vyšším než $+50^\circ\text{C}$, například systémy měření a řízení. Proto je nutno udržovat v RS KTM teplotu nižší, a to cca $+46^\circ\text{C}$. Pro zajištění této teploty jsou v RS instalovány tři jednotky cirkulačního chladicího systému S12, které pracují systémem (1+2). Sají vzduch ze spodních částí KTM o teplotě cca $+57^\circ\text{C}$, které je tím současně pomáhají chladit (hlavním chladicím systémem spodních částí KTM je S05). Po nasátí ze spodních prostorů je vzduch chlazen na dvoustupňových chladičích vzduchu a vyfukován do prostoru RS s teplotou $+29^\circ\text{C}$.



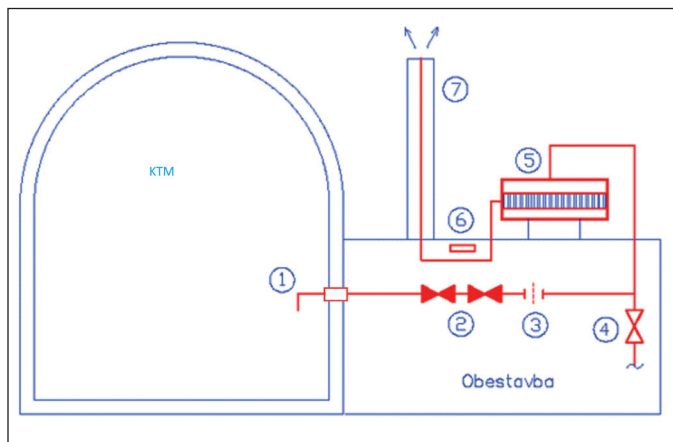
Obr. 1 Fotografie systému S12 v KTM

Fig. 1 Photography of the S12 system inside the KTM

První stupeň je připojen na jeden ze tří systémů TVD. Druhý stupeň je připojen na chladicí vodu CHV. Systém je řešen z hlediska zálohování 1+2. Je zařazen do seismické podkategorie 1b a do vybraných zařízení bezpečnostní třídy BTIII. Systém je napájen ze zajištěného elektrického napájení II. skupiny. Je to systém související s jadernou bezpečností (SSB).

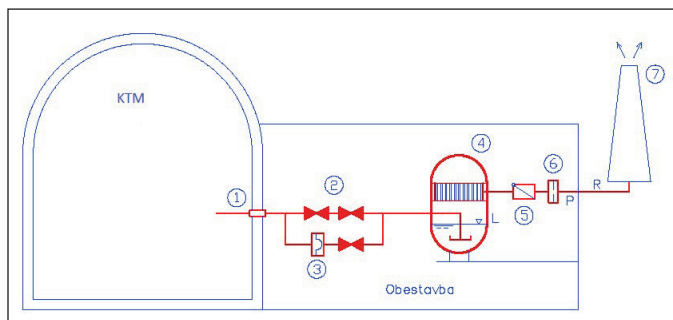
S13 řízené odpouštění havarijního tlaku v KTM (VENTING) [3]

Při zvyšování bezpečného provozu jaderných elektráren s kontejnmentem jsou uvažovány i scénáře, kdy mohou nastat havarijní stavy prostředí v KTM takové, že bezpečnostní systémy, určené pro likvidaci těžké havárie, neudrží tlak v KTM na hodnotě 0,5 MPa. V těchto úvahách se dospělo k názoru, že je výhodnější snížit tlak tím, že do venkovní atmosféry (okolí JE) se odpustí prostředí vzniklé v KTM v důsledku působení maximální projektové nehody, a to v období, kdy zvýšený tlak by mohl poškodit stěnu KTM a způsobit jeho netěsnost. Je to výhodnější řešení než zvýšeným tlakem prostředí v KTM umožnit jeho poškození.



Obr. 2 Schéma řízeného odpouštění havarijního tlaku v KTM (VENTING) s použitím pískového filtru: 1 – membrána a hermetická průchodka, 2 – uzavírací armatury, 3 – clona pro regulaci tlaku, 4 – přívod suchého filtrovaného vzduchu pro udržování pisku v suchém stavu, 5 – pískový filtr, 6 – radiační kontrola, 7 – větrací komín

Fig. 2 Diagram of the controlled release of the emergency pressure in the KTM (VENTING) with use of the sand filter: 1 – membrane and hermetic bushing, 2 – stop valves, 3 – orifice for pressure regulation, 4 – supply of dry filtered air to maintain the sand in a dry state, 5 – sand filter, 6 – radiation control, 7 – ventilation chimney



Obr. 3 Schéma řízeného odpouštění havarijního tlaku v KTM (VENTING) s použitím vodního filtru: 1 – hermetická průchodka, 2 – uzavírací armatury, 3 – membrána, 4 – scrubber + aerosolový filtr, 5 – zpětná klapka, 6 – clona pro regulaci tlaku, 7 – větrací komín, L – měření hladin, P – měření tlaku, R – radiační kontrola

Fig. 3 Diagram of controlled release of the emergency pressure in KTM (VENTING) using the water filter: 1 – hermetic bushing, 2 – stop valves, 3 – membrane, 4 – scrubber + aerosol filter, 5 – check valve, 6 – orifice for pressure regulation, 7 – ventilation chimney, L – level measurement, P – pressure measurement, R – radiation control

Vypouštění je řízené a je navrženo tak, aby došlo k minimálnímu radiačnímu ohrožení okolí JE. Systém, který toto řešení zajišťuje, je označován jako VENTING. Tento systém je v současné době instalován jen na několika JE s lehkovodními reaktory. V České republice se uvažuje tento systém instalovat v JE Temelín. Na schématu obr. 2 ve 2. části článku (viz str. 226 [2]) tento systém zakreslen není. Principiální schémata dvou řešení VENTINGu jsou schematicky uvedena samostatně v této části článku (obr. 2 a obr. 3).

Možných řešení, jak realizovat VENTING, je několik. Jedním z nich je systém, kdy vzdušina je z kontejnmentu vypouštěna potrubní trasou, na níž jsou instalovány vhodné armatury a filtrační zařízení, které umožní vzniklou vnitřní atmosféru KTM vypustit do okolního prostředí. Na schématu obr. 2 je naznačena filtrace s využitím pískového filtru, na schématu obr. 3 je filtrace s využitím vodního filtru a aerosolového filtru. Instalované armatury a membrány zajišťují těsnost kontejnmentu za normálního i havarijního stavu reaktoru, včetně nehod. V případě nadprojektové nehody slouží tyto armatury pro otevření trasy VENTINGu a vpuštění vzdušiny do filtračního zařízení. Z filtračního zařízení zavádí potrubní trasa vzdušinu do komínu, nebo do samostatného vyústění do atmosféry. Filtrační zařízení je umístěno v tlakové nádobě. Nádoba má takové konstrukční a materiálové řešení, které odolá zvýšenému tlaku a vyčistí vypouštěnou vzdušinu na úroveň neohrožující životní prostředí nad stanovený limit. Při tomto řešení je ve stěně kontejnmentu osazena hermetická průchodka DN 350. Na vnější straně kontejnmentu jsou instalovány sériově řazené armatury pro zajištění hermetické izolace kontejnmentu. Obě armatury jsou ovládány dálkově ručně. Potrubí je dále vedeno do tlakové nádoby vlastního zařízení pro filtraci vypouštěné vzdušiny. V tlakové nádobě jsou vhodné a vhodně uspořádané vestavěné části, které zajišťují čištění vypouštěné vzdušiny. Je to například kombinace mokrého a suchého odlučování radioaktivních aerosolů a izotopů jodu a jeho sloučenin. Současně s filtrací dochází i ke snižování tlaku filtrované vzdušiny. Potrubní trasa do komína je vybavena zpětnou klapkou, clonou na redukci tlaku na tlak atmosférický a pojistnou membránou.

Základní data:

☐ otevírací přetlak	≥0,6 MPa
☐ průtok média	do 5 m³/s
☐ účinnost odlučování RA aerosolů (1 µm)	≥99,999 %
☐ účinnost odlučování RA aerosolů (0,5 µm)	≥99,99 %
☐ účinnost odlučování elementárního jodu	≥99 %
☐ zařízení je zařazeno mezi	tlaková zařízení
☐ zařízení je zařazeno mezi	vybraná zařízení
☐ zařízení je zařazeno mezi	seismicky odolná zařízení

Vlastní filtrační zařízení je umístěno v tlakové nádobě o průměru cca 3 000 mm a výšce cca 6 000 mm.

Zařízení se uvádí do provozu na základě rozhodnutí havarijní komise. Systém je zařazen mezi podpůrné bezpečnostní systémy (BS), seismické podkategorie 1a, mezi vybraná zařízení do bezpečnostní třídy BT II, systém je napájen ze zajištěného elektrického napájení II. skupiny.

VZDUCHOTECHNICKÉ SYSTÉMY PRO OSTATNÍ DŮLEŽITÉ PROSTORY BUDOVY REAKTORU

V prostorech vzduchotěsné zóny, která je součástí kontrolovaného pásma, a v prostorech mimo kontrolované pásmo jsou umístěna důležitá technologická zařízení nutná pro bezpečný provoz jaderné elektrárny. V prostorech vzduchotěsné zóny jsou umístěny technologie, při jejichž poruše může dojít k úniku RA látek do těchto prostorů.

U obou druhů jaderných elektráren (JE), a to jak s HP, tak s KTM, jsou tyto prostory obdobné, až stejné (obr. 2 a obr. 3 v 1. části článku; viz str. 131 [1]).

V prostorech mimo kontrolované pásmo jsou nejdůležitější prostory dozoren a prostory rozvodu elektrického zařízení včetně prostorů se zařízením automatického systému řízení a kontroly technologických procesů.

Pro zajištění bezpečného provozu jaderné elektrárny v normálním i havarijním provozu je bloková dozorná BD. Pro případ ztráty funkčnosti blokové dozorny, včetně možného požáru v ní, se stává nejdůležitějším prostorem nouzová dozorná ND. Úkolem řídicích systémů umístěných v ND je bezpečně odstavit a ochladit reaktorový blok v případě jakéhokoli jeho nehody. Obě dozorny musí být schopny plnit své funkce i v případě výskytu radioaktivních látek ve vnitřním i venkovním prostředí.

Prostory vzduchotěsné zóny s možným výskytem radioaktivních látek tvoří největší část této zóny. Koncepce větrání těchto prostorů je znázorněna na obr. 1 ve 2. části článku (viz str. 225 [2]).

Přehled hlavních systémů

S25 systémy větrání prostorů kontrolovaného pásma bez zvýšeného tlaku

S26 systémy větrání a klimatizace blokové dozorny BD

S27 systémy větrání a klimatizace nouzové dozorny ND

Popis systémů pro ostatní důležité prostory budovy reaktoru

S25 systémy větrání kontrolovaného pásma KP bez zvýšeného tlaku

Prostorů kontrolovaného pásma bez zvýšeného tlaku je v JE objemově víc než prostorů KP s výskytem zvýšeného tlaku vlivem nehody technologického zařízení. V prostorech bez zvýšeného tlaku jsou umístěny například: systémy čištění a doplňování primárního okruhu IO, systém borového hospodářství, systém organizovaných úniků, systém RA kanalizace, systém dekontaminace, systém radiační kontroly vzduchotěsné zóny, systém odběru RA vzorků, stroje VZT pro KP, stroje VZT filtrů pro KP a další pomocné systémy.

Protože technologické systémy pracují s médii, která obsahují RA látky, je nutno při větrání těchto prostorů dodržovat zásadu usměrněného proudění vzduchu ve směru zvětšující se aktivity. Tento požadavek je realizován tak, že přívod venkovního vzduchu je do chodeb před prostory s technologií a odvod vzduchu z chodeb je přepouštěním do odsávaných technologických prostorů. Přepouštění vzduchu je prováděno přetlakovými klapkami zabudovanými do společných zdí. Odpor klapek je obvykle cca 50 Pa. Tím se v odsávaných prostorech vytváří podtlak.

Přívodních systémů a jim odpovídajících odvodních systémů v koncepním provedení S25 je v KP poměrně velké množství. Tyto systémy jsou v zásadě trojího typu (obr. 1 ve 2. části článku; viz str. 225 [2]).

Základem pro všechny typy je přívodní systém, jenž tvoří přívodní větrací jednotky, navržené s rezervou (1+1), a odvodní ventilátory, které jsou řešeny se stejnou rezervou (1+1). Odvod větracího vzduchu je do vzduchotechnického komínu.

Systémy, které pracují s radioaktivitou a kdy není nebezpečí jejího úniku do větraného prostoru, jsou typově navrženy takto:

První typ větrá prostory bez výskytu tepelné zátěže (nebo jen s malou tepelnou zátěží), kterou je možno odvést větráním, při zajištění intenzity větrání 6 h⁻¹.

Druhým typem jsou systémy, které zajišťují intenzitu větrání 6 h^{-1} a technologie nepracuje trvale, pouze občas nebo periodicky (např. doplňovací čerpadla). Chlazení (odvod tepelné zátěže) provádějí cirkulační chladicí jednotky umístěné ve větraném prostoru a jsou v provozu společně s technologií. Tyto jednotky jsou instalovány bez zálohy, tj. 1+0.

Třetím typem jsou systémy, které zajišťují intenzitu větrání 6 h^{-1} a provozní technologie produkuje teplo do prostoru trvale (například technologické tepelné výměníky). Chlazení provádějí cirkulační chladicí jednotky umístěné ve větraném prostoru. Protože provoz chladicích jednotek je trvalý, jsou jednotky instalovány se zálohou, tj. 1+1 nebo 1+2 v závislosti na tom, jaké a jak důležité technologické zařízení podporují.

Některé centrální odvodní systémy S25 jsou vybaveny filtrační stanicí radioaktivních aerosolů s provedením jejího obtoku, pro případ, kdy není nutno filtraci provádět. Do této skupiny patří také systémy typu S25, které větrají radioaktivní laboratoře.

Přívodní, odvodní a cirkulační systémy jsou připojeny k síti zajištěného nebo nezajištěného napájení elektrickou energií v závislosti na tom, jak je elektrickou energií napájeno technologické zařízení. Z hlediska seismické odolnosti jsou přívodní a odvodní systémy většinou zařazeny do podskupiny 2a. Aerosolové filtry a některé cirkulační chladicí jednotky jsou zařazeny do podskupiny 1b a do vybraných zařízení bezpečnostní třídy BT III. Chladicí jednotky jsou připojeny k rozvodu jedné nebo dvou chladicích vod, tj. vody chlazené a k technické vodě nedůležité TVN nebo technické vody důležité TVD. Připojení k druhu chladicí vody je určeno podle technologie, kterou podporují. Jsou to systémy související s jadernou bezpečností (SSB).

S26 systémy vzduchotechniky pro blokovou dozornu BD (obr. 4)

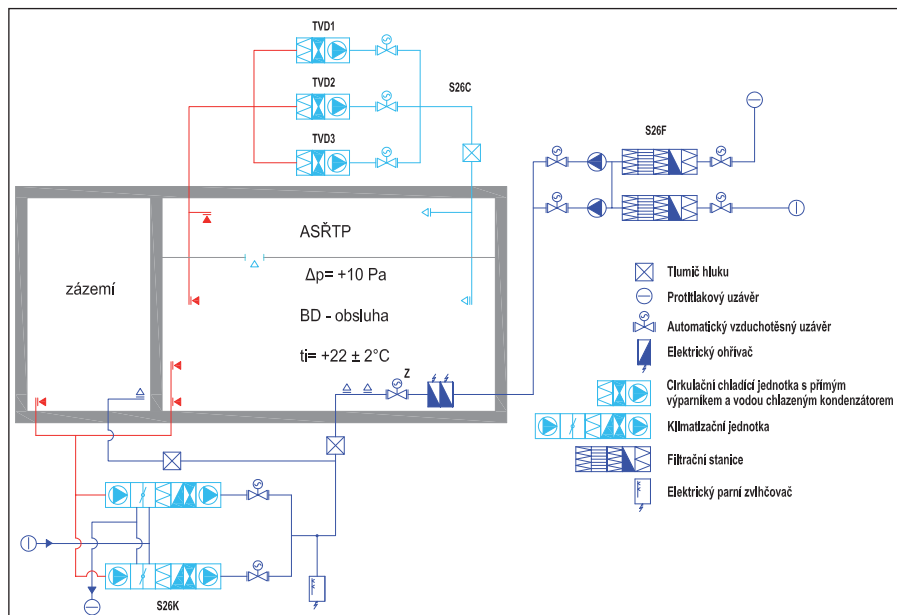
Jaderný blok se řídí a kontroluje z blokové dozorny BD. Prostor BD byl v prvních JE nejprve řešen z hlediska vytvoření prostředí především pro pracovní pohodu obsluhy. Velmi silným požadavkem bylo, aby BD měla okna pro kontakt obsluhy s venkovním prostředím. Postupným zvyšováním počtu JE ve světě a tím i zvýšenou pravděpodobností možných nehod, vlivem výskytu válečných konfliktů a nakonec i výskytu terorismu, dospěla současná koncepce při řešení umístění BD v budově reaktoru k tomu, že BD jsou stavebně pečlivě chráněny a vybavovány několika systémy vzduchotechniky tak, aby se zajistila jejich obyvatel-

nost při různých nebezpečných situacích. V důsledku toho jsou BD bez oken a umístěny v monolitickém bloku budovy reaktoru. Vzduchotechnika zajišťuje klimatizaci BD a ochranu při výskytu nebezpečí radioaktivity uvnitř i vně jaderné elektrárny, a to jak z důvodu jaderné nehody, tak případného útoku na jadernou elektrárnu.

Jedno z možných koncepčních řešení vzduchotechniky pro BD je znázorněno na obr. 4. Systém označený **S26K** zajišťuje **klimatizaci** prostoru **BD** pro obsluhu a pro zařízení automatického řízení technologického procesu ASŘTP. Udržuje teplotu vzduchu $22 \pm 2^\circ\text{C}$ v prostoru obsluhy a $24 \pm 4^\circ\text{C}$ v prostoru ASŘTP, při relativní vlhkosti vzduchu $\varphi = 40\text{--}60\%$. Hlučnost v prostoru BD, při provozu bloku a všech technologií včetně vzduchotechniky, je požadována $L_{Amax} = 50 \text{ dB}$.

Systém obsahuje dvě (1+1) klimatizační jednotky s cirkulací vzduchu, přívodem venkovního vzduchu a parním zvlhčováním. Ohřívač je připojen k rozvodu vytápěcí vody v areálu, s konstantním průtokem média a změnou jeho teploty v okruhu ohřívače. Chladíč je připojen na rozvod chlazené vody $6/12^\circ\text{C}$. Na výtlačku každé jednotky je osazen vzduchotěsný uzávěr. V potrubním rozvodu jsou umístěny tlumiče hluku a na potřebných místech požární klapy. Klimatizační jednotky a další spotřebiče jsou připojeny k síti elektrického napájení III. skupiny, označené N [1]. Armatura Z je napájena ze sítě zajištěného napájení II. skupiny. Sání venkovního vzduchu je chráněné přes protitlakový uzávěr, který se uzavře při účinku tlakové vlny na uzávěr a chrání systém před proniknutím tlakové vlny do VZT potrubí. Potrubí je zařazeno do podskupiny seismické odolnosti 1b a ostatní zařízení do podskupiny 2a. Výjimku tvoří požární klapy, které jsou zařazeny do podskupiny 1a. Zařízení je zařazeno do bezpečnostní třídy BT III. Systém je zařazen mezi nedůležité systémy z hlediska jaderné bezpečnosti.

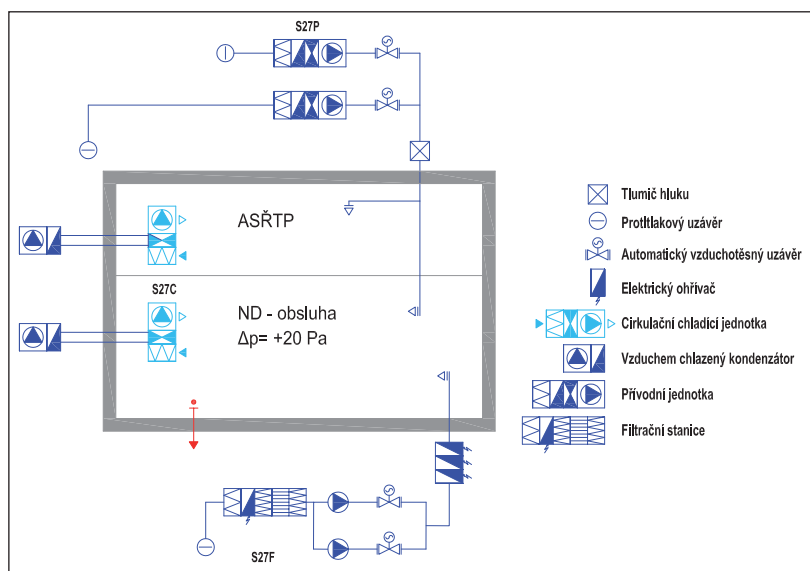
Systém označený **S26C** zajišťuje **chlazení BD**, a to především prostoru zařízení ASŘTP a částečně prostoru s obsluhou. Systém je vybaven třemi chladicími jednotkami, které pracují v systému 1+2. Jednotka obsahuje filtr vzduchu, kompresorové chlazení s vodou chlazeným kondenzátorem a ventilátor. Jednotky jsou připojeny k síti TVD 1, 2 a 3 systému. Jsou zařazeny do seismické podskupiny 1a, potrubí je zařazeno do podskupiny seismické odolnosti 1b, všechno zařízení je zařazeno mezi vybraná zařízení v bezpečnostní třídě BTIII, napájení je ze sítě zajištěného napájení II. skupiny, označené D12 [1]. Systém je související s jadernou bezpečností (SSB).



Obr. 4 Schéma vzduchotechnických systémů pro blokovou dozornu BD

Fig. 4 Diagram of HVAC systems of the block control room BD

Systém označený **S26F** zajišťuje **větrání BD při výskytu radioaktivních látek** v okolí JE. To může být způsobeno nehodou vedlejšího nebo z BD řízeného bloku, nebo jinou příčinou (útok na JE). Systém S26F se uvede do provozu, když je zastaven systém S26K. Zastavení provozu S26K a uvedení do provozu S26F se provádí na základě příkazu radiační služby JE. Při spuštění S26F se otevře vzduchotěsný uzávěr Z. Současně jsou v provozu elektrické ohřívače vzduchu v potrubí přívodu vzduchu do BD. Sání venkovního vzduchu je prováděno ze dvou od sebe vhodně umístěných a vzdálených míst tak, aby se zabránilo/omezilo nasávání stejného vzduchu v případě exploze, nebo šíření jiných škodlivých látek v okolí jaderného bloku. Systém má dvě kompletní filtrační stanice, dva ventilátory, vzduchotěsné uzávěry, dva elektrické ohřívače vzduchu a potrubní síť. Sání je přes protitlakový uzávěr. Systém pracuje s rezervou (1+1). Před filtrační stanicí radioaktivních aerosolů a jodu, včetně jeho



Obr. 5 Schéma vzduchotechnických systémů pro nouzovou dozornu ND

Fig. 5 Diagram of HVAC systems of emergency control room ND

sloučenin, je osazen vzduchotěsný uzávěr. Slouží k uzavření filtrační stanice v případě, kdy není v provozu. Ventilátory a potrubí jsou zařazeny do seismické podkategorie 1b, armatury do podkategorie 1a. Každý ventilátor je připojen k jiné síti zajištěného elektrického napájení II. skupiny, zpravidla k 1. a 3. síti. Ke 2. síti elektrického napájení je možno jeden ze dvou ventilátorů připojit ručně přes zásuvku, a to v případě, že 1. ani 3. síť elektrického napájení není schopná provozu. Systém je zařazen do vybraných zařízení v bezpečnostní třídě BT III. Systém je související s jadernou bezpečností (SSB).

Obyvatelnost dozoru, což je termín pro zajištění vhodných podmínek pro obsluhu, je zajištění takových podmínek pro obsluhu, aby obsluha za všech podmínek mohla odstavit a dochladit reaktor.

V případě, že ani přes všechna opatření není BD obyvatelná, přechází obsluha do záložního pracoviště, kterým je nouzová dozorná ND. Pro přechod z BD do ND za nepříznivých podmínek jsou obsluze k dispozici osobní ochranné prostředky.

S27 systémy vzduchotechniky pro nouzovou dozornu ND (obr. 5)

Při ztrátě funkčnosti BD přechází obsluha do nouzové dozorny ND. Nouzová dozorná je vybavena takovými nezbytnými prostředky zařízení ASŘTP, aby obsluha mohla odstavit a dochladit reaktor do bezpečného stavu.

Jedno z možných koncepčních řešení vzduchotechniky pro ND je znázorněno na obr. 5. Systém **S27P** zajišťuje **parametry** prostředí při stavu, **kdy není nebezpečí radioaktivních látek RAL v ovzduší**. Systém obsahuje dvě (1+1) klimatizační jednotky bez cirkulace vzduchu a zajišťuje teplotu vzduchu 22 ± 2 °C. Ohřívač je připojen k rozvodu vytápěcí vody v areálu, chladič je připojen na rozvod chlazené vody 6/12°C. Na výtlačku každé jednotky je osazen vzduchotěsný uzávěr. Sání venkovního vzduchu je chráněné přes protitlakový uzávěr, který uzavřením potrubí je chráněn před proniknutím tlakové vlny. V potrubním rozvodu jsou umístěny tlumiče hluku a na potřebných místech požární klapky. Klimatizační jednotky a další spotřebiče jsou připojeny k síti zajištěného elektrického napájení II. skupiny. Jednotky a potrubí jsou zařazeny do podskupiny seismické odolnosti 1b. Požární klapky jsou zařazeny do podskupiny 1a. Zařízení je zařazeno mezi vybraná zařízení do bezpečnostní třídy BT III. Je to systém související s jadernou bezpečností (SSB).

Systém označený **S27C** zajišťuje **chlazení ND**, a to prostoru zařízení ASŘTP a prostoru s obsluhou. Systém obsahuje dvě cirkulační chladicí jednotky, které pracují v režimu 1+1 a jsou umístěny v chlazeném prostoru. Chladí celý prostor ND. Jednotky jsou vybaveny přímým výparníkem a vzduchem chlazeným kondenzátorem. Systém zajišťuje teplotu vzduchu 24 ± 4 °C. Maximální hluchnost je požadována $L_{Amax} = 60$ dB. Chladicí jednotky jsou připojeny k systému zajištěného napájení II. skupiny a připojeny k 1. a 3. síti zajištěného elektrického napájení. Ke 2. síti zajištěného elektrického napájení je možno kteroukoliv z chladicích jednotek připojit ručně přes zásuvku. Jednotky jsou zařazeny do podskupiny seismické odolnosti 1a, stejně jsou zařazeny i požární klapky. Zařízení je zařazeno mezi vybraná zařízení do bezpečnostní třídy BT III. Je to systém související s jadernou bezpečností (SSB).

Systém **S27F** zajišťuje **větrání ND**, když v okolí **JE nastane výskyt radioaktivních látek RAL** v ovzduší. Systém S27F se uvede do provozu, když je zastaven systém S27K. Systém S27K se zastaví v případě, že je zjištěno radioaktivní prostředí v okolí JE, nebo nejsou k dispozici potřebná média včetně elektrického napájení

systému S27K. Systém má jednu filtrační stanici, která je bez rezervy (1+0) a dva (1+1) ventilátory. Sání venkovního vzduchu je prováděno z vhodně umístěného chráněného místa přes protitlakový uzávěr. Na výtlačku jsou pro ohřev vzduchu instalovány sériově řazené elektrické ohřívače vzduchu. Jsou připojeny na zajištěné elektrické napájení II. skupiny, na 1., 2. a 3. síť. Ventilátory a armatury jsou připojeny k síti zajištěného elektrického napájení II. skupiny, zpravidla k 1. a 3. síti, přičemž ke 2. síti elektrického napájení je možno kterýkoliv ze dvou ventilátorů ručně připojit přes zástrčku a zásuvku. Ventilátory a armatury jsou zařazeny mezi seismicky odolná zařízení v podskupině 1a. Potrubí je zařazeno do podskupiny seismické odolnosti 1b. Systém je zařazen mezi vybraná zařízení do bezpečnostní třídy BT III. Systém je související s jadernou bezpečností (SSB).

(pokračování příště)

Kontakt na autora: RKVZT@seznam.cz

Poznámka: V textu článku se používá řada zkratk a výrazů, které byly vysvětleny v předchozích částech. Při četbě tohoto článku i pro pochopení souvislosti je proto účelné nahlédnout do textu částí 1 [1] a 2 [2].

Použité zdroje:

- [1] KAHLE, R. Vzduchotechnika v jaderných elektrárnách (1. část). Vytápění, větrání, instalace. 2015, roč. 24, č. 3, s. 129–133. ISSN 1210-1389.
- [2] KAHLE, R. Vzduchotechnika v jaderných elektrárnách (2. část). Vytápění, větrání, instalace. 2015, roč. 24, č. 5, s. 224–229. ISSN 1210-1389.
- [3] ÚJV Řež, a.s. divize ENERGOPROJEKT PRAHA. Validace dodatečných technických opatření ke zvýšení bezpečnosti JE ČEZ. 2012.

Aktivní modul pro ochranu před hlukem šířícím se vzduchovody

Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit (Fraunhoferův ústav pro provozní pevnost a systémovou spolehlivost – LBF) vyvinul v právě probíhajícímu projektu kompaktní aktivní modul pro ochranu před hlukem šířícím se vzduchovodem. S využitím syntetické reproduktorové techniky se daří výrazně snížit hladinu zvuku. V dalším kroku bude pomocí levné senzory nahrazena drahá laboratorní senzory a dosaženo širokopásmové redukce hluku. Pomocí aktivní ochrany (ANC systémy) se dosahuje ochrany před přenosem především nízkých frekvencí. Modul byl vystaven na stánku adaptivní LBF na veletrhu Hanover Messe 2015.

Pramen: CCI 09/2015, s. 4

(AB)