

REKONSTRUKCE HLAVNÍHO VĚTRÁNÍ PRAŽSKÉHO METRA RECONSTRUCTION OF THE MAIN VENTILATION OF THE PRAGUE METRO

MIROSLAV NOVÁK, PAVEL UHRIN

ABSTRAKT

Provoz metra v Praze byl zahájen 9. 5. 1974 na trase I.C v úseku stanice Florenc (původně Sokolovská) do stanice Kačerov. Postupně byly zprovozněny další trasy metra, I.A 1978, II.A a II.C 1980, I.B 1985 a další navazující prodloužení tras metra. Stanice metra na trase C byly budovány z povrchu jako hloubené, trasy A a B jsou převážně ražené. Od první trasy se řešilo hlavní větrání tunelů a stanic, z důvodu odvodu tepelné zátěže z provozu metra a zajištění hygienických podmínek pro cestující. Rovněž hlavní větrání zajišťuje odvod tepla a kouře v případě nehody, nejčastěji požáru.

ABSTRACT

Metro service in Prague started on May 9th, 1974 on line I.C on the section from Florenc station (originally Sokolovská) to Kačerov station. New sections of the metro were gradually put into operation, I.A in 1978, II. A and II.C in 1980, I.B in 1985, and other connected metro line extensions. Metro stations on line C were constructed from the surface as cut-and-cover, lines A and B are mostly excavated. From the first metro line the main ventilation of the tunnels and metro stations was being addressed, for the reason of heat strain extraction from metro operation and securing hygienic conditions for passengers. Likewise, the main ventilation secures heat and smoke extraction in the event of an accident, most commonly a fire in the metro.

1. ÚVOD

Hlavní větrání metra zajišťuje odvod tepelné zátěže od provozu vlaků, technologického zařízení a cestujících. Návrh větrání je řešen na základě tepelně vlhkostního výpočtu, který zohledňuje tepelnou zátěž a počítá s akumulací tepla do ostění tunelů a okolní horniny. Teplota vzduchu je v metru regulovaná výkonem hlavního větrání – v zimě min. +5 °C, v létě +25 °C. Snahou je, aby se v zimním období okolní prostředí tunelů dostatečně vychladilo a v letním období nedocházelo k nárůstu teploty nad +25 °C. Měřením teploty vzduchu v letním a zimním provozu se ověřilo, že v pražském metru jsou tyto požadované teploty dodržovány.

Pro hlavní větrání se v metru používají od trasy I.C axiální přetlakové reverzní ventilátory ZVVZ Milevsko APE o průměru oběžného kola 2240, 1800 a 1400 mm. Po cca 44 letech, v roce 2018, se začaly původní axiální ventilátory vyměňovat za nové, které splňují současné požadavky na větrání v pražském metru.

Hlavní větrání v pražském metru je řešeno s větracími šachtami ve stanicích metra a traťových úsecích. Strojovna hlavního větrání je osazena dvěma axiálními přetlakovými ventilátory s možností reverzního chodu, který se využívá při změně letního a zimního režimu a také při odvětrání kouřových zplodin při požáru. Výkon jedné strojovny hlavního větrání je daný tepelně vlhkostním výpočtem a pohybuje se v rozmezí 60 až 120 m³/s při současném paralelním provozu dvou axiálních ventilátorů. Ovládání ventilátorů je podle teploty přírodního vzduchu. V minulosti docházelo v zimním období ve větracích šachtách k zamrznutí průsaků vody, v současné době jsou starší šachty hlavního větrání, kde k tomu docházelo, opatřeny izolací ze svařených ocelových dílů, které průsakům zabrání.

Hlavní větrání nezpůsobuje nadměrné proudění vzduchu v eskalátorových tunelech a stanicích metra, které může obtěžovat cestující. Systém větrání udržuje prostory metra v mírném přetlaku. V některých stanicích metra je nadměrné proudění vzduchu způsobené pístovým účinkem provozu vlaků metra. Vlak projíždějící traťovým tunelem rychlostí 80 km/h způsobuje tlakovou změnu, která se šíří rychlostí zvuku (330 m/s) do nástupišť stanice. Při vyrovnávání tlakových poměrů přes eskalátorové tunely, vstupy do metra, dochází

1. INTRODUCTION

The main metro ventilation secures heat strain extraction from the operation of trains, technological devices, and passengers. The ventilation design is addressed on the basis of a heat-moisture calculation, which factors in heat strain and takes into consideration heat accumulation in the tunnel lining and surrounding rock. Air temperature in the metro is regulated by the power of the main ventilation in the winter min. +5°C and in the summer +25°C. The goal is to sufficiently cool the surrounding tunnel area in the winter season and in the summer season not to let the temperature rise above +25°C. By measuring the air temperature during summer and winter operations it was verified that these required temperatures in the Prague Metro are being abided by.

Axial overpressure reverse ventilators ZVVZ Milevsko with APE impeller diameters of 2240, 1800, and 1400mm are used for the main ventilation in the metro from line I.C and onwards. After ca. 44 years in the year 2018 the original axial ventilators started to be replaced by new ones, which meet the up to date requirements for ventilation in the Prague Metro.

The main ventilation in the Prague Metro is designed with ventilation shafts in metro stations and track sections. The main ventilation machine room is equipped with 2 pcs of axial overpressure ventilators with the option of reversible operation, which is used during the change between summer and winter regimes and also while venting smoke fumes during a fire in the metro. The power output of one main ventilation machine room is given by a heat-moisture calculation and is in a region from 60 up to 120m³/s during a simultaneous parallel operation of 2 pcs of axial ventilators. The ventilators are controlled in correlation to the intake air temperature. In the past, the freezing of water seeping into the metro during winter seasons occurred in the ventilation shaft. At the current time older main ventilation shafts where rock water seepage occurred are fitted with insulation from welded steel components, which restricted water seepage.

The main ventilation does not cause excessive airflow in the escalator tunnels and metro stations that could bother passengers.

k zvýšenému proudění vzduchu, které obtěžuje cestující. V některých případech je na nástupišti a výstupech z metra rychlost proudění 6 až 8 m/s. Na nových trasách metra V.A a D se mezi traťovými tunely budují po 200 m traťové propojky, které slouží jednak pro případnou evakuaci osob v případě požáru do druhé nezakouřené tunelové trouby, jednak k vyrovnávání tlakových poměrů pístového účinku vlaků metra do druhé tunelové trouby a omezení nadměrného proudění vzduchu na nástupištích a výstupech.

Dalším podstatným úkolem hlavního větrání je zabezpečit odvod tepla a kouře při nehodě, požáru v metru. Původní axiální ventilátory nejsou certifikovány na odvod tepla a kouře. V případě požáru zajišťovaly odvod tepla a kouře s vypnutými teplotními ochranami, aby nedošlo k jejich předčasnému odstavení. Podle nové Směrnice 2012-022-02 „Zásady požární ochrany pro projektování a výstavbu metra“ [3] musí být ventilátory hlavního větrání navrženy tak, aby byly teplotně odolné proti teplotě kouře a zplodin hoření min. 250 °C po dobu 90 min. Na základě uvedených požadavků se na nových trasách V.A (stanice Dejvická do stanice Nemocnice Motol) a stávajících trasách metra původní axiální ventilátory vyměňují za nové, vyhovující požadavkům na teplotní odolnost a vyšší účinnost provozu.

2. FUNKCE SYSTÉMU HLAVNÍHO VĚTRÁNÍ METRA PŘI POŽÁRU

Hlavní větrání zajišťuje odvod tepelné zátěže od technologického zařízení a provozu vlaků metra. V případě nehody či požáru je nutné zajistit evakuaci cestujících na povrch. Hlavní větrání se podle místa požáru nastaví tak, aby se ve stanici s požárem zplodiny hoření odsávaly a vytvořil se podtlak, který umožní proudění čerstvého vzduchu proti směru úniku cestujících. Nastavení vhodného režimu požárního větrání pro odvod zplodin hoření zajišťuje možnost reverzace a dostatečná teplotní odolnost odvodních ventilátorů. V případě požáru a zastavení vlaku v traťovém úseku je důležité, aby systém hlavního větrání zajistil proudění čerstvého vzduchu proti úniku cestujících.

Hlavní větrání s novými ventilátory, které jsou teplotně odolné s možností reverzace, zvyšuje bezpečnost provozu metra.

3. TRASA METRA I.C STANICE FLORENC C DO STANICE KAČEROV

Systém hlavního větrání na trase I.C je navržen se staničními a traťovými větracími šachtami. V zimním období je zajištěn přívod vzduchu do metra přes traťové větrací šachty a odvod přes staniční větrací šachty. V letním období se systém hlavního větrání zreverzuje a přívod vzduchu je přes staniční větrací šachty a odvod přes traťové větrací šachty. Na trase I.C se jednalo celkem o devět větracích šachet s dvojicí axiálních ventilátorů APE 2240 mm, celkem 18 ks. V rámci rekonstrukce hlavního větrání se postupně vyměnily stávající axiální reverzní ventilátory APWN za nové o průměru oběžného kola 1800, 2000 mm s reverzním chodem a teplotní odolností 250 °C po dobu 90 min. Nové ventilátory APWM hlavního větrání ZVVZ Milevsko jsou odzkoušeny dle ČSN EN 12101-3:2015.



Obr. 1 Strojovna hlavního větrání metra I.C Vrchlického v traťovém úseku s původními ventilátory APE 1800

Fig. 1 The Vrchlického main ventilation engine room of metro I.C in the track section with original APE 1800 ventilators

A ventilation system maintains metro spaces slightly overpressured. In some metro stations, excessive airflow is caused by the piston effect of metro trains. A train travelling through the track tunnel at a speed of 80km/h causes a pressure change, which travels at the speed of sound onto the metro station platform. During the equalization of pressure ratio via escalator tunnels, i.e. metro entrances, an increase in airflow occurs, which bothers passengers. In some cases on a platform and in metro exits the air speed is 6 to 8m/s. On new metro lines VA and D, every 200m track cross passages are built, which serve not only for a potential evacuation of individuals in case of a fire into the second smoke-free tunnel, but also for levelling pressure ratios of the piston effect of metro trains into the second tunnel and limiting excessive airflow on platforms and in metro exits.

Another substantial task of main ventilation is to secure heat and smoke extraction during an accident, i.e. a fire in the metro. Original axial ventilators are not certified for heat and smoke extraction. In case of a fire in the metro axial ventilators ensured heat and smoke extraction with heat protection turned off so that they would not be prematurely put out of operation. According to the new Směrnice 2012-022-02 „Zásady požární ochrany pro projektování a výstavbu metra“ [3] ventilators for the main ventilation have to be designed so that they are heat-resistant against fire smoke and fumes at a min. 250°C temperature for 90 min. On the basis of the aforementioned requirements, original axial ventilators on new lines V.A (Dejvická station to Nemocnice Motol station) and current metro lines are being replaced by new ones that comply with the requirements for heat resistance and a higher operating efficiency.

2. THE ROLE OF THE MAIN METRO VENTILATION SYSTEM DURING A FIRE

The main ventilation secures heat strain extraction from technological devices and the operation of metro trains. In case of an accident, i.e. a fire in the metro, it is necessary to ensure the evacuation of passengers to the surface. The main ventilation is set in regards to the location of the fire such that combustion fumes in the station with the train fire are sucked out and a vacuum is created, which allows the flow of fresh air against the direction of the evacuation of passengers. Setting the appropriate mode of fire ventilation for the extraction of combustion fumes is allowed by the option of reversion and sufficient heat resistance of the extraction ventilators. In case of a fire and a stoppage of a train in the track section it is crucial that the main ventilation system secures fresh airflow towards the evacuation of passengers.

The main ventilation with new ventilators that are heat-resistant with the option of reversibility increases the safety of metro operation.

3. METRO LINE I.C FLORENC C STATION TO KAČEROV STATION

The main ventilation system on line I.C is designed with station and track ventilation shafts. In the winter season air intake for the metro is ensured via track ventilation shafts and air extraction via station ventilation shafts. In the summer season, the main ventilation system reverses and air is taken in by station ventilation shafts



Obr. 2 Strojovna hlavního větrání metro I.C Vrchlického v traťovém úseku po rekonstrukci s ventilátory APWM 1800

Fig. 2 The Vrchlického main ventilation engine room of metro I.C in the track section after reconstruction with APWM 1800 ventilators

V souvislosti s výměnou ventilátorů dochází k novému technologickému vybavení strojoven hlavního větrání. Stávající tlumiče hluku se rovněž vyměňují a celkově se stavebně strojovny hlavního větrání rekonstruují. V současné době pracují rekonstruované strojovny hlavního větrání na trase I.C s novými axiálními přetlakovými reverzními ventilátory s teplotní odolností. Na obr. 1 je strojovna hlavního větrání Vrchlického s původními ventilátory APE 1800. Na obr. 2 je strojovna hlavního větrání Vrchlického po rekonstrukci s novými ventilátory APWM 1800. Na obr. 3 je strojovna hlavního větrání ve stanici Muzeum C po rekonstrukci s ventilátory APWM 1800.

4. TRASA METRA II. C STANICE ROZTYLY DO STANICE HÁJE, TRASA III. C STANICE NÁDRAŽÍ HOLEŠOVICE DO TRAŤOVÉ ŠACHTY ŠTVANICE

Na této trase metra je šest staničních a dvě traťové větrací šachty, celkem se jedná o výměnu původních 17 ks APE 1400, 1800 axiálních ventilátorů za nové APWM 1400, 1800. Rekonstrukce se v současné době připravuje.



Obr. 4 Strojovna hlavního větrání metro II.B stanice Křížkova se stávajícími ventilátory APE 1800

Fig. 4 The Křížkova station main ventilation engine room of metro II.B with current APE 1800 ventilators

and extracted through track ventilation shafts. On line I.C a total of 9 ventilation shafts with a couple of APE 2240mm axial ventilators were in question, in total 18 pcs. Within the reconstruction of the main ventilation, current axial reversible ventilators were sequentially replaced by new ones with the APWM impeller diameter 1800, 2000mm with reversible functionality and a heat resistance of 250°C for 90 min. New main ventilation APWM ventilators from ZVVZ Milevsko have been tested in accordance with ČSN EN 12101-3:2015.

In relation to the replacement of ventilators, new technological equipment for the main ventilation machine rooms is being implemented. Current noise suppressors are also being replaced and overall main ventilation machine rooms are being reconstructed construction-wise. At the current time, the reconstructed main ventilation machine rooms are operating on line I.C with new heat resistant axial overpressure reversible ventilators. In Fig. 1 the Vrchlického main ventilation machine room with original APE 1800 ventilators is portrayed. Fig. 2 depicts the Vrchlického main ventilation machine room after reconstruction with new APWM 1800 ventilators. In Fig. 3 the main ventilation machine room at the



Obr. 3 Strojovna hlavního větrání metro I.C stanice Muzeum po rekonstrukci s ventilátory APWM 1800

Fig. 3 The Muzeum station main ventilation engine room of metro I.C after reconstruction with APWM 1800 ventilators

Muzeum C station after reconstruction with APWM 1800 ventilators is illustrated.

4. METRO LINE II. C ROZTYLY STATION TO HÁJE STATION, LINE III. C NÁDRAŽÍ HOLEŠOVICE STATION TO ŠTVANICE TRACK SHAFT

On this metro line, six station and two track ventilation shafts are located, in total the concern is the replacement of 17 original APE 1400, 1800 axial ventilators with new APWM 1400, 1800. Reconstruction is under preparation at the present time.

5. METRO LINE I. B FLORENC B STATION TO SMÍCHOVSKÉ NÁDRAŽÍ STATION, II. B KŘÍŽKOVA STATION TO ČESKOMORAVSKÁ STATION

On this metro line, seven station ventilation shafts are located, in total

5. TRASA METRA I. B STANICE FLORENC B DO STANICE SMÍCHOVSKÉ NÁDRAŽÍ, II. B STANICE KŘÍŽIKOVA DO STANICE ČESKOMORAVSKÁ

Na této trase metra je sedm staničních větracích šachet, celkem se jedná o výměnu původních 22 ks APE 1800 axiálních ventilátorů za nové APWM 1800. Rekonstrukce se v současné době připravuje. Na obr. 4 je ražená strojovna hlavního větrání ve stanici Křížikova se stávajícími ventilátory APE 1800.

6. TRASA METRA D VE VÝSTAVBĚ

V současné době se projektuje a částečně realizuje nová trasa metra D od stanice Náměstí Míru do Depa Písnice, celkem 10 stanic metra. Ve výstavbě je stanice Pankrác a Olbrachtova, včetně traťových tunelů. Větrání stanic a tunelů metra D bude s axiálními ventilátory s teplotní odolností 250 °C po dobu 90 min, aby byly dodrženy podmínky podle [3]. Pro zvýšení požární bezpečnosti jsou na trase D mezi traťovými tunely vybudovány příčné propojky sloužící pro únik cestujících v případě nehody či požáru do druhé tunelové trouby. Propojky jsou od tunelů odděleny požárními dveřmi a jsou vybaveny požárním větráním. Přísné požární požadavky na použití nehořlavých materiálů, kabelů, zajištění odvětrání tepla a kouře, větrání a umožnění bezpečného úniku do sousedního traťového tunelu zajišťují bezpečnost dopravy v pražském metru.

7. ZÁVĚR

Požární bezpečnost pražského metra je pod přísným dohledem Hasičského záchranného sboru hl. m. Prahy (HZS). Vhodnou volbou použitých nehořlavých materiálů, elektroinstalace a dalších bezpečnostních opatření je nebezpečí požáru v metru sníženo. Požární režim hlavního větrání s teplotně odolnými ventilátory přispívá k bezpečnému úniku osob z metra na povrch v případě požáru. Ventilátory hlavního větrání na dalších trasách metra budou postupně vyměňovány za teplotně odolné.

Na trasách pražského metra se již vyměnily nebo je připravená dokumentace na výměnu stávajících ventilátorů na těchto trasách:

- trasa I.C výměna 18 ks;
trasa II.C, III.C připravena výměna 17 ks;
- trasa I.B, II.B, III.B připravena výměna 22 ks;
- trasa V.B, IV.C, I.A, II.A, SH, celkem 103 ks bude postupně vyměněno;
- trasa V.A v provozu od 04/2015 s novými ventilátory APWR, 11 ks, teplotně odolné 250 °C, 90 min.

Pro trasu D pražského metra je plánováno nasazení tzv. bezpilotních souprav s požadavkem na zajištění požární bezpečnosti. V případě zastavení hořícího vlaku metra v traťovém tunelu je únik cestujících umožněn průchodem do druhé tunelové trouby přes příčné propojky situované po cca 200 m. Hlavní větrání v tunelu metra zajišťuje odvod zplodin hoření a usměrňuje proudění vzduchu tak, aby byl umožněn únik cestujících do druhé čisté tunelové trouby. Axiální ventilátory zde budou rovněž s teplotní odolností 250 °C, 90 min.

Ing. MIROSLAV NOVÁK, miroslav.novak@metroprojekt.cz,
Ing. PAVEL UHRIN, pavel.uhrin@metroprojekt.cz,
METROPROJEKT Praha a.s.

Recenzoval / Reviewed by: Ing. Jaromír Zlámal

that is the replacement of 22 original APE 1800 axial ventilators with new APWM 1800. Reconstruction is under preparation at the present time. On Fig. 4 an excavated main ventilation engine room in Křížikova station with original APE 1800 ventilators is depicted.

6. METRO LINE D UNDER CONSTRUCTION

Currently, the new metro line D is being designed and partially realized from Náměstí Míru station to Depo Písnice, in total 10 metro stations. Under construction are the Pankrác and Olbrachtova stations, including track tunnels. Metro D stations and tunnels will be ventilated by axial ventilators with 250°C heat resistance for the duration of 90 min., so the requirements according to [3] are met. For an increase in fire safety on line D transverse cross passages are being built for the evacuation of passengers into the second tunnel in case of an accident or a fire. cross passages are separated from the tunnels by fire doors and are equipped with fire ventilation. Strict fire demands for the usage of non-flammable materials, cables, securing heat and smoke extraction, ventilation, and enabling safe evacuation into the neighbouring track tunnel ensure transport safety in the Prague metro.

7. CONCLUSION

Fire safety in the Prague Metro is under the strict supervision of Hasičský záchranný sbor hl. M. Praha (HZS). The proper choice of non-flammable materials, wiring, and other safety measures reduces the risk of a fire in the metro. Fire regime of the main ventilation with heat-resistant ventilators contributes to the safe evacuation of individuals from the metro to the surface in case of a fire. The ventilators of the main ventilation on other metro lines will be gradually replaced with heat-resistant ones.

On these lines of the Prague metro, the current ventilators have already been replaced or the documentation for their replacement has been completed:

- line I.C replaced 18 pcs;
line II.C, III.C replacement of 17 pcs prepared;
- line I.B, II.B, III.B replacement of 22 pcs prepared;
- line V.B, IV.C, I.A, II.A, SH, in total 103 pcs will be gradually replaced;
- line V.A in operation from 04/2015 with new APWR ventilators, 11 pcs, heat resistance of 250°C, 90 min.

For line D of the Prague Metro, the deployment of so-called pilotless train sets with the requirement for securing fire safety is planned. In the event of a burning metro train stopping in a track tunnel, the evacuation of passengers is enabled via a passage into the second tunnel through transverse cross passages situated every ca. 200m. Main ventilation in the metro tunnel secures the extraction of combustion fumes and directs airflow so that the evacuation of passengers into the second clean tunnel would be made possible. Axial ventilators here will also have a 250°C, 90 min heat resistance.

Ing. MIROSLAV NOVÁK, miroslav.novak@metroprojekt.cz,
Ing. PAVEL UHRIN, pavel.uhrin@metroprojekt.cz,
METROPROJEKT Praha a.s.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] NOVÁK M. PDPS Rekonstrukce hlavního větrání na trase metra I.C, 06/2015.
- [2] UHRIN P. PDPS Rekonstrukce hlavního větrání na trase metra I.B, II.B, 02/2022.
- [3] DP hl. m. Prahy. Směrnice 2012-022-02 Zásady požární ochrany pro projektování a výstavbu pražského metra.