

PŘEJÍMACÍ ZKOUŠKY SYSTÉMŮ VĚTRÁNÍ TUNELU

ACCEPTANCE TESTS OF TUNNEL VENTILATION SYSTEMS

PETR POSPISIL

ÚVOD

Systém větrání tunelu je jedním z nejdůležitějších systémů, zajišťujících bezpečnost v tunelech. Proto by požadavky na kvalitativní kritéria, hodnocení a přejímací zkoušky měly být velmi přísné.

V národních předpisech pro technologické vybavení silničních tunelů, například v německé RABT nebo českých TP98, jsou požadavky na uspořádání systémů větrání přesně určeny. Systém, daný projektovou dokumentací, by měl těmto předpisům odpovídat.

V praxi je důležitá funkčnost provedeného systému. Tento článek se zaměřuje na posuzování zařízení větrání tunelu a systém jeho řízení, zvláště větrání silničního tunelu s odsáváním kouře.

Po většinu času slouží systém větrání k udržování přijatelné kvality ovzduší v tunelu. Porucha systému řízení během normálního provozu může mít za následek špatnou kvalitu vzduchu a špatnou viditelnost nebo velkou spotřebu energie. Nemá ale katastrofální následky. Normální postupy provozního řízení by se měly vyzkoušet v co největším předstihu před otevřením tunelu, avšak mohou se dále optimalizovat v podmínkách dopravního provozu.

Užití systémů, zajišťujících bezpečnost, obzvláště požárního větrání, bude potřebné jen velmi zřídka, ale potom musí být naprostá jistota jejich fungování. Proto se musí celý systém požárního větrání zkusit a optimalizovat před otevřením tunelu. Závady v řídicím systému, které nebyly objeveny ve fázi zkušebního provozu, se za normálního provozu neprojeví, avšak mohou mít fatální následky při opravdové nehodě.

Ve fázi zkušebního provozu je málo času a v praxi se mnoho systémů nedá zkusit ve všech jejich detailech. V důsledku toho by se přejímací zkoušky měly zaměřovat hlavně na požární větrání v součinnosti s ostatními bezpečnostními systémy v tunelu.

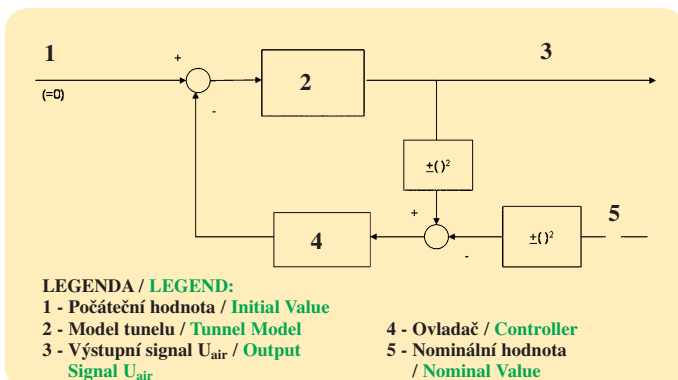
ŘÍZENÍ ODVÁDĚNÍ KOUŘE

U moderních systémů větrání tunelů je řízení odvádění kouře směrodatné pro požární větrání. Ať je to u dlouhých tunelů s odsáváním kouře nebo u krátkých tunelů, kde působí pouze podélné větrání, proudění vzduchu se v případě požáru musí ovládat. Toho se všeobecně dosahuje regulací proudění vzduchu v tunelu pomocí proudových ventilátorů nebo vhnáním čerstvého vzduchu, plnicího funkce aktuátoru, a měřením rychlosti proudění vzduchu, která je proměnnou v řízeném procesu.

U moderních systémů větrání tunelů jsou požadavky na přesné a spolehlivé měření proudění vzduchu v tunelu a na řídicí algoritmy velmi náročné. Rychlost proudění vzduchu se musí vyhodnocovat pomocí nejméně tří na sobě nezávislých měření téže hodnoty, což umožní kontrolu věrohodnosti měření, která je v praxi velmi důležitá.

KRITÉRIA PRO PŘEVZETÍ

Kritéria pro převzetí, týkající se funkčnosti řídicího systému, musí být přesně určena. V současné době neexistují žádné mezinárodní směrnice pro kritéria pro převzetí systémů větrání tunelů.



Obr. 1 Cyklus regulace

Fig. 1 Closed loop control

INTRODUCTION

Tunnel ventilation is one of the most important safety systems in tunnels. Therefore, the demands for quality criteria, assessment and acceptance tests should be strict.

In national guidelines for road tunnel equipment like for example German RABT or Czech TP98, the requirements for the layout of ventilation systems are well defined. The system according to project documentation should correspond to these guidelines.

What counts in practice is the functionality of the realized system. This article is focusing on the assessment of tunnel ventilation equipment and its control system, particularly road tunnel ventilation with smoke extraction.

Most of the time, the ventilation system serves to maintain an acceptable air quality in the tunnel. A malfunction of the control system during normal operation may result in bad air quality and visibility conditions, or high energy consumption. Anyway, this has no fatal consequences. The normal operation control routines should be tested out before a tunnel is opened as far as possible, but they can be optimized under traffic conditions.

The safety systems, particularly the fire ventilation, will be needed very rarely, but then their function must be guaranteed for sure. Therefore, the fire ventilation must be tested out and optimized entirely before the opening of the tunnel. Any faults in the control system which have not been discovered during the commissioning phase will not appear in normal operation, but may have fatal consequences in real incidents.

In the commissioning phase, time is short and in practice, many systems cannot be tested out in all the details. Consequently, the acceptance tests should focus particularly on the fire ventilation in cooperation with other safety systems in the tunnel.

SMOKE CONTROL

In modern tunnel ventilation systems, smoke control is essential for fire ventilation. Whether in long tunnels with smoke extraction or in shorter tunnels with only longitudinal ventilation, the airflow in the tunnel must be controlled in the case of fire. This is generally achieved by a closed loop control, using jet fans or fresh air injection as actuators, and the air velocity measurement as controlled process variable.

In state-of-the-art tunnel ventilation systems, the requirements for the precise and reliable measurement of the airflow in the tunnel and for the control algorithms are very demanding. The air velocity must be evaluated by at least three independent measurements for the same value, enabling a plausibility check which in practice is very important.

ACCEPTANCE CRITERIA

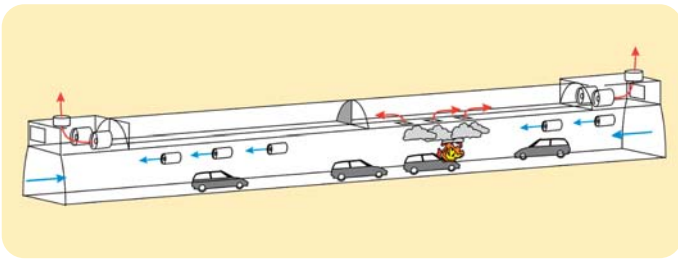
Acceptance criteria for the functionality of control system must be defined. At the moment, there are no international guidelines for such acceptance criteria for tunnel ventilation systems.

On the basis of the main goal, the control of the spread of smoke in any possible case, detailed test scenarios for all possible states of the control systems must be defined, including failure modes. For each of these scenarios, acceptance criteria must be defined.

The tests include the function of single systems (like the ventilation) as well as the integral cooperation of all tunnel safety equipment.

FIRE VENTILATION WITH SMOKE EXTRACTION

The 4.2 km long Gotschna tunnel on the bypass of Klosters, a mountain holiday resort in Switzerland, is an example for a state-of-the-art tunnel ventilation system with smoke extraction. It has a transversal ventilation system with two exhaust fans, an extraction duct in the tunnels ceiling, equipped with controllable dampers, and jet



Obr. 2 Koncept požárního větrání tunelu Gotschna
Fig. 2 Fire ventilation concept of Gotschna tunnel

Na základě hlavního cíle, kterým je ovládní šíření kouře ve všech možných případech, se musí definovat podrobné scénáře zkoušek všech možných stavů systémů řízení včetně stavů poruchy. Pro každý z těchto scénářů se musí definovat kritéria pro převzetí.

Zkoušky zahrnují jak fungování jednotlivých systémů (jako větrání), tak i úplnou součinnost všech součástí tunelového bezpečnostního systému.

POŽÁRNÍ VĚTRÁNÍ S ODSÁVÁNÍM KOUŘE

Tunel Gotschna (4,2 km dlouhý) na obchvatu horského rekreačního střediska Klosters ve Švýcarsku je příkladem moderního systému větrání tunelu s odsáváním kouře. Je to systém příčného větrání se dvěma sacími ventilátory, odsávacím kanálem ve stropě tunelových trub, vybaveným ovladatelnými klapkami a proudovými ventilátory v tunelové troubě. V případě požáru se klapky v blízkosti místa požáru otevrou pro zajištění místního odsávání kouře. Sací ventilátory pracují na plný výkon. Proudové ventilátory v tunelu se užívají pro řízení podélného proudění vzduchu, obzvláště k tomu, aby umožnily optimální odsávání kouře za všech možných okolností.

Šíření kouře je určováno počátečním prouděním vzduchu v tunelu. Toto proudění je poháněno různými silami. Pístový účinek dopravy, který je nejsilnější během normálního provozu, se snižuje, jelikož doprava se v případě požáru nakonec zcela zastaví.

Po zjištění nehody začne mít, kromě komínového efektu v důsledku teplotního zatížení požárem a setrvačnosti pohybujícího se vzduchu samého, větší vliv vítr, barometrický tlak a všeobecný komínový efekt v důsledku rozdílu vnějších (venkovních) a vnitřních teplot. Spolu s účinkem ventilátorů tyto síly určují proudění vzduchu v tunelu a musí se vyrovnávat tak, aby se šíření kouře dalo ovládat.

Ve vysokohorských klimatických podmínkách tunelu Goschna může být komínový účinek velmi silný. Proudové ventilátory musí vyrovnávat síly přes 200 Pa, aby bylo možné dostatečné odsávání za všech podmínek.

Bez vyrovnání těchto vnějších sil by byla ovlivněna účinnost odsávání kouře a, v extrémních případech, by kouř mohl i procházet kolem otevřených klapek, aniž by byl nasáván. U podélného větrání by přírozené síly mohly vést k rychlejšímu šíření kouře, narušení možného rozvrstvení, nebo dokonce ke změně směru šíření kouře proti unikajícím osobám.

PŘEJÍMACÍ ZKOUŠKY VĚTRACÍHO ZAŘÍZENÍ

Při továrních přejímacích zkouškách se dá výkon tohoto zařízení měřit s relativně vysokou přesností na zkušebních zařízeních, zvláště pokud se jedná o ventilátory a klapky. Tyto zkoušky jsou dobře popsány meziná-



Obr. 3 Zkušební zařízení pro ventilátor podle ISO 5801
Fig. 3 Fan test rig according to ISO 5801

fans in the tunnel tube. In case of fire, the dampers in the vicinity of the fire place are opened for local smoke extraction. The exhaust fans operate at full capacity. The jet fans in the tunnel are used to control the longitudinal airflow, particularly to enable an optimal smoke extraction under all possible circumstances.

The spread of smoke is determined by the initial airflow in the tunnel. This airflow is driven by various forces. The piston effect of the traffic, which is most powerful during normal operation, decreases because the traffic will eventually stop in case of fire.

After detection of the incident, the wind, barometric pressure and the stack effect due to temperature differences become more influential, beside the chimney effect by the thermal load of the fire, and the inertia of moved air itself. Together with the effect of the mechanical ventilation, these forces determine the airflow in the tunnel, and must be compensated to control of the smoke spreading.

In the Gotschna tunnel, the stack effect in the high mountain climate can be very strong. To enable a sufficient extraction under all conditions, the jet fans must compensate forces of more than 200 Pa.

Without compensation of those external forces, the efficiency of the smoke extraction would be affected, and in extreme cases the smoke would even pass by the open dampers without being extracted. In longitudinal fire ventilation, natural forces could lead to a faster smoke spreading, to the destruction of a possible layering, or even to the change of direction of the smoke spread towards fleeing persons.

ACCEPTANCE TESTS OF VENTILATION EQUIPMENT

In factory acceptance tests, the performance of the equipment can be measured with relatively high precision on test rigs, especially for fans and dampers. Those tests are well defined by international regulations, for example ISO 5801 for big fans and ISO 13'350 for jet fans. Hot temperature tests for fire ventilation fans must be carried out according to EN 12'101-3.

Because the real tunnel differs from the theoretical layout, measurements of the installed equipment are even more important. This site acceptance tests, thus the measurements in the tunnel, show not only the performance of the equipment, but also whether the layout parameters supposed by the project engineer are realistic.

MEASUREMENTS IN THE TUNNEL

Typically, the following measurements should be carried out in a tunnel with smoke extraction and jet fans, generally according to the guideline ISO 5802:

- Operating points (Volume flow, pressure difference and power demand) under all possible conditions of the big tunnel fans (exhaust fans, eventually supply fans when existing).
- Critical operating points at stall of fans.
- Volume flow in the air duct at the most critical extraction point, determining the true extracted value and the leakage of the air duct.

Volume flow in the traffic space at different velocities in both directions. These measurements serve to prove the performance of the jet fans, as well as for the calibration of the installed air velocity equipment. This calibration is of utmost importance for the use of the air velocity measurement for the closed-loop control.

In tunnels with escape routes via cross passages or an escape tunnel, the following values should be measured for all possible states of operation of the escape route ventilation:



Obr. 4 Měřicí síť v potrubí odsávacího větrání
Fig. 4 Measuring grid in exhaust air duct

rodními předpisy, například ISO 5801 pro velké ventilátory a ISO 13'350 pro proudové ventilátory. Zkoušky ventilátorů požárního větrání na působení vysokých teplot se musí provádět podle EN 12'101-3.

Jelikož skutečný tunel se liší od teoretického uspořádání, jsou měření instalovaného zařízení ještě důležitější. Tyto přejímací zkoušky in situ, to znamená měření v tunelu, ukazují nejen výkon zařízení, ale i to, zda jsou projektantem očekávané parametry daného uspořádání reálné.

MĚŘENÍ V TUNELU

Normálně by se měla v tunelu s odsáváním kouře a proudovými ventilátory provádět následující měření, obecně podle normy ISO 5802:

- Provozní body (objemový průtok, rozdíl tlaku a spotřeba energie) za všech možných podmínek velkých tunelových ventilátorů (sací ventilátory, případně přívodní ventilátory, pokud existují).
- Kritické provozní body při odtrhu proudění ve ventilátoru.
- Objemový průtok ve ventilačním potrubí v nejkritičtějším sacím bodu, určující skutečné odsávané množství a netěsnost odsávacího kanálu.

Objemový průtok v dopravním prostoru při různých rychlostech v obou směrech. Tato měření slouží k prokázání výkonu proudových ventilátorů a ke kalibraci instalovaného měřicího zařízení rychlosti proudění vzduchu. Tato kalibrace má vrcholnou důležitost pro použití měření rychlosti proudění vzduchu pro účely regulace v uzavřeném cyklu.

U tunelů s únikovými cestami vedoucími přes tunelové propojky nebo únikový tunel by se pro všechny možné provozní stavy větrání únikových cest měly měřit následující hodnoty:

- rozdíl tlaku přes uzavřené únikové dveře,
- rychlost proudění vzduchu otevřenými únikovými dveřmi,
- síla potřebná k otevření únikových dveří při plném rozdílu tlaku.

POSOUZENÍ ŘÍDÍCÍHO SYSTÉMU

Obecné zkušenosti s řídicími systémy ukazují, že každý detail, který není důkladně vyzkoušen, nebude v praxi fungovat. K tomu je nutno přihlížet při zpracování programu zkoušek systémů, zajišťujících bezpečnost v tunelu. Zvláště by měly být podrobeny zkouškám všechny možné poruchové stavy.

U průměrného, nepříliš složitého tunelu by čas mezi dokončením všech instalací a uvedením tunelu do provozu, vyhrazený na podrobné zkoušky a odstranění zjištěných nedostatků, neměl být kratší než dva měsíce.

Mnoho provozních stavů se nedá ve skutečném tunelu úplně zkusit, zvláště v případech modernizace, kde se musí mnoho zkoušek provádět za provozu a ve velmi omezeném čase. Pro takové aplikace může být velmi užitečné použití tunelového simulátoru, což je matematický model fyzického tunelu, kde jsou simulace prováděny na počítači, propojeném s programovatelným automatem (PLC).

ŘÍZENÍ NORMÁLNÍHO PROVOZU POMOCÍ TUNELOVÉHO SIMULÁTORU

Příkladem extrémních nároků na normální provoz větrání je Cross City Tunnel v australské Sydney. Jedná se o přibližně 2 km dlouhý dvoutrubní tunel s vjezdy a výjezdy. Z důvodu omezení, souvisejících s ochranou životního prostředí, není dovoleno, aby vzduch z tunelu někdy vycházel z některého z 8 portálů.

To je umožněno sofistikovaným algoritmem řízení pro podélné proudění vzduchu ve všech větvích, s použitím spřažených PI-regulátorů, působících na proudové ventilátory a sací ventilátory. Rychlosti proudění vzduchu se měří na všech portálech a jsou monitorovány i na internetu, což umožňuje veřejný dohled nad dodržováním daných omezení.

Pomocí tunelového simulátoru se vyzkoušely všechny scénáře před jejich aplikováním ve skutečném tunelu. Po uvedení tunelu do provozu pracoval řídicí systém uspokojivě, pouze s drobnými úpravami.

POSOUZENÍ ŘÍZENÍ PROUDĚNÍ VZDUCHU

Reakční doba systému řízení proudění vzduchu v případě požáru musí být co nejkratší, avšak přehnaná reakce (obrat v proudění vzduchu) je nepřijatelná. Proudění vzduchu musí být stabilizováno mezi přípustnými limity pro všechny možné změny vnějších sil. Aby se tohoto cíle dosáhlo, musí se parametry cyklu uzavřené regulace optimalizovat.

I když již byly všechny možné scénáře a soubory parametrů vyzkoušeny pomocí tunelového simulátoru, ty nejkritičtější stavy by se měly vyzkoušet v tunelu. Pro simulaci vnějších sil se hodí mobilní reverzibilní ventilátor s proměnlivou rychlostí otáček.

Všechny možné vnější síly a přechodné stavy během náhlých změn těchto sil by se měly simulovat sériemi zkoušek, které se mají provádět.



Obr. 5 Měřicí síť v dopravním prostoru
Fig 5 Measuring grid in traffic space

- pressure difference over closed escape doors
- air velocity through open escape doors
- force to open the escape doors at full pressure difference

ASSESSMENT OF THE CONTROL SYSTEM

General experience with control systems shows that every detail which is not tested out thoroughly will not work in practice. This must be taken into account when working out a test program for tunnel safety systems. Especially all possible failure modes should be tested out.

In an average, not too complex tunnel, the time reserve for detailed tests and the improvement of discovered faults should be at least two months between finishing of all installations and the opening of the tunnel.

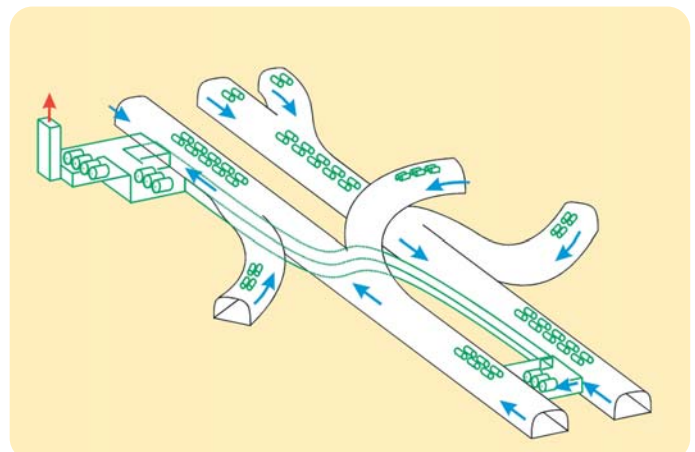
Many states of operation cannot be tested out fully in the real tunnel, especially in refurbishment projects, where many test must be carried out under traffic and the time is very limited. A tunnel simulator, which is a mathematical model of the physical tunnel running on a computer connected with the PLC, can be very useful for such applications.

NORMAL OPERATION CONTROL WITH TUNNEL SIMULATOR

An example for extreme demands for normal operation ventilation is the Cross City Tunnel in Sydney, Australia. It is an approx. 2 km long double tube tunnel with entrances and exits. Due to environmental restrictions, it is not admitted that tunnel air exits from one of the 8 portals at any time.

This is enabled by a sophisticated control algorithm for the longitudinal airflow in all branches, using coupled PI controllers acting on the jet fans and exhaust fans. The air velocities are measured at all portals and monitored even on the internet, enabling the public to supervise the fulfilling of the restrictions.

By using a tunnel simulator all scenarios were tested out before being applied in the real tunnel. After opening of the tunnel, the control system worked satisfyingly with only minor adjustments.



Obr. 6 Systém větrání tunelu Cross City Tunnel v Sydney
Fig. 6 Ventilation system of the Cross City tunnel in Sydney



Obr. 7 Tunelový simulátor
Fig. 7 Tunnel simulator

Aby se posoudila funkčnost řízení, zaznamenává se během těchto zkoušek rychlost proudění vzduchu na obou stranách sání.

Pokud zkoušky ukáží na závažné selhání řídicího systému, musí se parametry upravit a po provedení vylepšení se musí zkoušky provést znovu.

POŽÁRNÍ ZKOUŠKY A ZKOUŠKY KOUŘEM

Požární zkoušky a zkoušky kouřem se mohou provádět po úspěšném dokončení všech výše uvedených zkoušek a po odstranění všech vad. Před tím se musí důkladně ověřit účinnost požárního větrání. Požární zkoušky a zkoušky kouřem slouží pouze jako vizualizace účinnosti požárního větrání, nikoliv však jako primární zkouška.

Kromě toho se tyto zkoušky dají použít i pro posuzování detekčního zařízení (tepelná a kouřová čidla) a nedílné reakce na zjištění požáru (která by se také měla zkoušet předem). Mohou se při nich cvičit i jednotky požární ochrany a provozní personál.

Ju skutečného požáru může vznikat velké množství tepla a kouře, které může mít vliv na osoby i instalace v tunelu. Požární zkouška, odpovídající navrženému systému požárního větrání (např. na 30 MW) by vyžadovala velmi nákladná opatření na ochranu nebo obnovu tunelu v oblasti ohniska požáru.

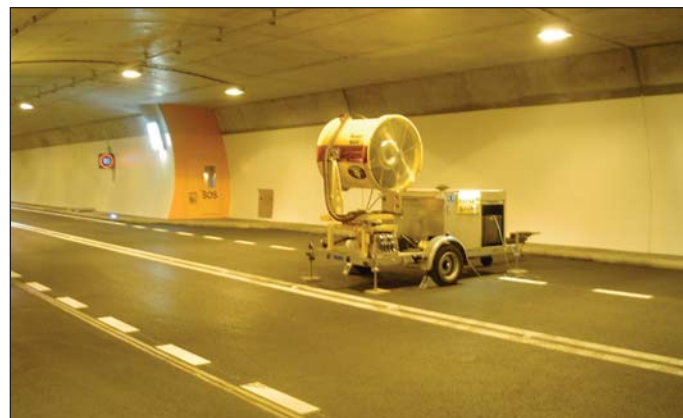
Z tohoto důvodu se doporučuje, aby se pro vizualizaci odsávání kouře používalo ekvivalentní množství studeného kouře. Zkoušky studeným kouřem se dají provádět s vynaložením malého úsilí. I když jsou jeho fyzikální vlastnosti odlišné od horkého kouře, je studený kouř použitelný při zkouškách odsávání kouře. Jeho odsávání je dokonce náročnější, jelikož u něj nedochází k žádnému nebo jen nepatrnému vrstvení.

Pohyb čel kouřové clony by se měl zaznamenávat a je možné ho ukazovat v závislosti na rychlostech proudění vzduchu v tunelu a na stavech požárního větrání.

Pro účely zkoušek tepelných čidel a pro výcvik jednotek požární ochrany se může dodatečně vyvolat skutečný požár, s omezeným požárním zatížením (například 5 MW) a proto s relativně malým vývinem kouře.

ZÁVĚREČNÉ POZNÁMKY

V posledních letech mnohé evropské země přijaly nové směrnice pro uspořádání systémů tunelového větrání, které se zaměřují na uspořádání požárního větrání. Tyto směrnice stanoví standardy pro zpracování projektu. Co se týče funkčnosti zařízení a jeho řídicího systému v praxi, pro jeho hodnocení žádné předpisy neexistují.



Obr. 8 Mobilní ventilátor v tunelu
Fig. 8 Mobile fan in tunnel

ASSESSMENT OF AIRFLOW CONTROL

For the airflow control in case of fire, the reaction time must be as short as possible, but an over-reaction is not acceptable. The airflow must be stabilized between admissible limits for all possible variations of external forces. The parameters of the closed-loop control must be optimized to achieve this goal.

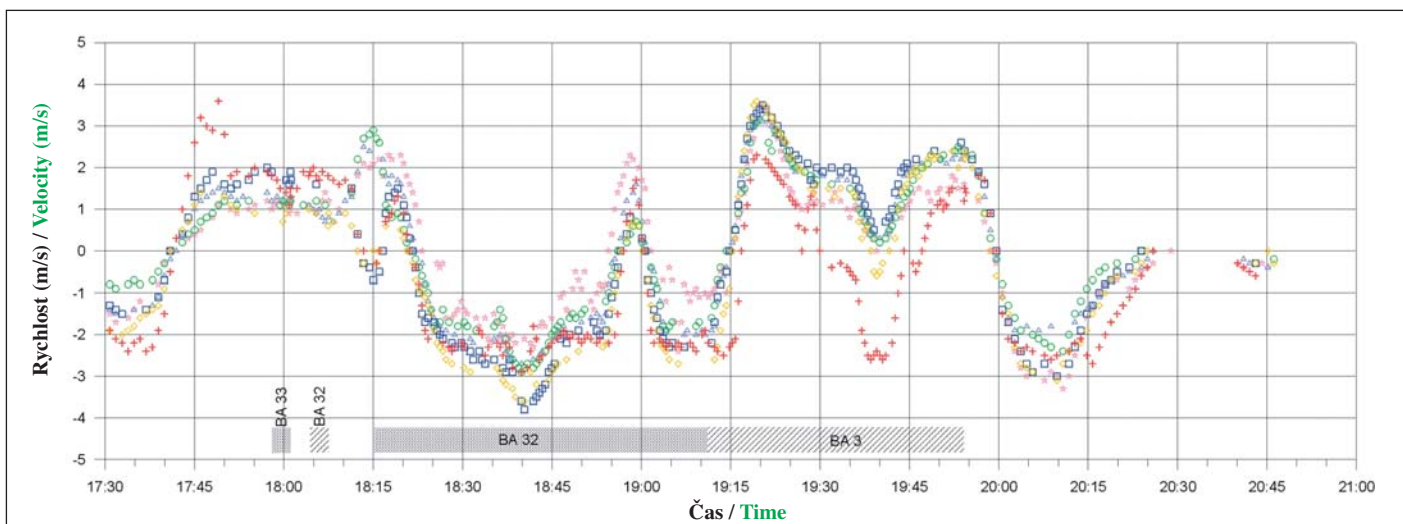
Even when all possible scenarios and sets of parameters have been tested out with a tunnel simulator, the most critical states should be tested in the tunnel. For the simulation of external forces, a mobile fan with variable rotational speed and direction is useful.

All possible external forces and transients during abrupt changes of these forces should be simulated in a series of tests to be carried out. During these test, the air velocity on both sides of the extraction is logged to assess the functionality of the control.

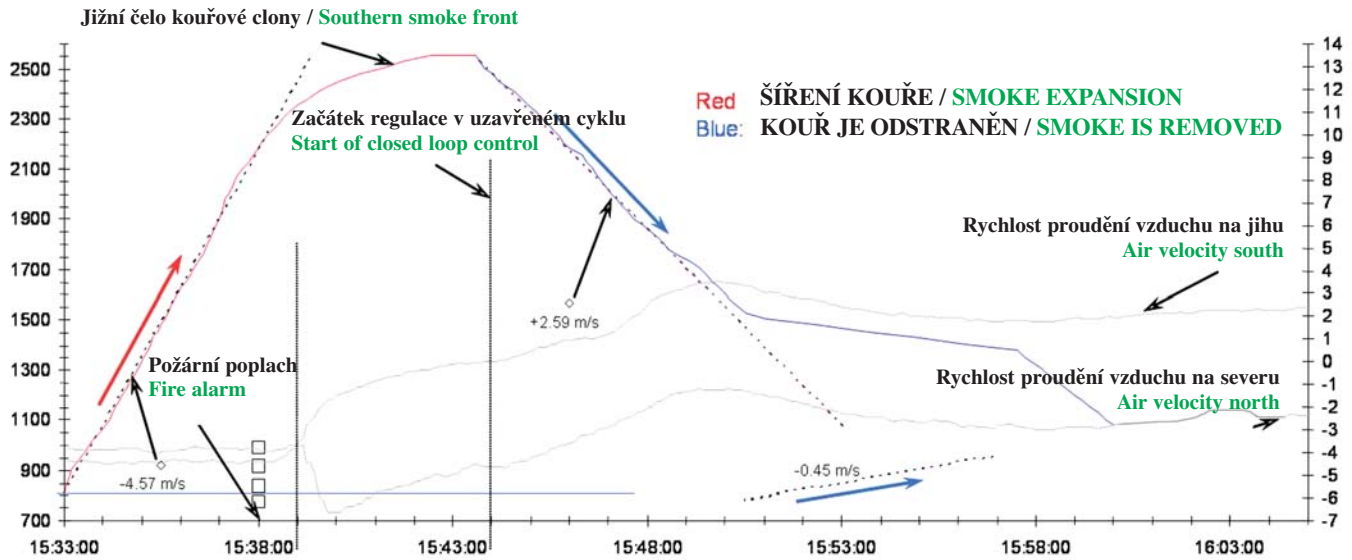
If the tests show critical failures of the control systems, the parameters must be adjusted and the tests must be worked out again after the improvements.

FIRE AND SMOKE TESTS

Fire and smoke tests can be carried out after all previous test have been completed successfully and all defects have been eliminated. The



Obr. 9 Rychlosti proudění vzduchu během zkoušek
Fig 9 Air velocities in tunnel during tests



Obr. 10 Zkouška kouřem
Fig 10 Smoke test



Obr. 12 Požární zkouška
Fig 12 Fire test

V minulosti se zařízení v mnoha tunelech důkladně nezkoušela. To mělo katastrofální následky při skutečných nehodách, při kterých došlo k požáru.

Pro zkoušení a posuzování bezpečnostních zařízení, obzvláště co se týká větrání tunelů a únikových cest, se od samého počátku plánování musí počítat s přiměřenou časovou rezervou, ale i s rezervou v organizaci, financování a v lidských zdrojích. Tato rezerva se nesmí zrušit z důvodu nedostatku času v poslední fázi výstavby.

Zařízení, které se důkladně nevyzkouší, vede k riziku, které se nedá kalkulovat. Pokud by se úplně posouzení bezpečnostního systému nedalo zaručit, bylo by lepší celý systém vypustit a naplánovat nějaký jednodušší.

PETR POSPISIL, DIPL. MASCH. ING. ETH SIA,
petr.pospisil@hbi.ch, HBI HAERTER AG, Stockerstr. 12,
CH – 8002 Zürich

Obr. 11 Požární větrání, rychlosti proudění vzduchu a pohyb čela kouřové clony

Fig 11 Fire ventilation, air velocities and movement of smoke front

effectiveness of the fire ventilation must have been tested out thoroughly before. Fire and smoke tests serve only as a visualization of the effectiveness of the fire ventilation, but not as its primary test.

Beside that, those tests can be used for assessment of detection equipment (heat and smoke sensors) and integral fire response (which should have been also tested out before). Also, the fire brigade and operation personal can be trained.

With a real fire, big amounts of heat and smoke can be generated, which would affect persons as well as the installations of the tunnel. A fire test according to the layout of fire ventilation (for example 30 MW) would demand very expensive protection measures or a refurbishment of the tunnel in the fire zone.

Therefore, it is recommended to use an equivalent amount of cold smoke for the visualization of the smoke extraction. Such cold smoke tests can be carried out with little effort. Although the physical properties are different from hot smoke, cold smoke is useful for testing out a smoke extraction. It is even more demanding for the extraction because there will be no or little stratification.

The movement of the smoke fronts should be registered and can be shown in relation to the air velocities in the tunnel and the states of fire ventilation.

To test the heat sensors and to train the fire brigades, a real fire with a limited load (for example 5 MW), but relatively little smoke production, can be carried out additionally.

FINAL REMARKS

In the last years, new guidelines for the layout of tunnel ventilation systems have been adopted in many European countries, focusing on the layout of fire ventilation. These regulations set standards for the workout of a project. Regarding the functionality of the equipment and its control system in practice, there are no regulations for its assessment.

In the past, the equipment in many tunnels was not tested out thoroughly. In real fire incidents, this had fatal consequences.

For the testing and assessment of the safety equipment, especially the tunnel and escape way ventilation, an adequate time reserve as well as organizational, financial and personal resources must be foreseen from the beginning of the planning, and must not be cancelled due to lack of time in the last phase of a project.

Equipment, which is not tested out thoroughly, leads to a risk which cannot be calculated. When the full assessment of a safety system cannot be guaranteed, it would be better to omit the whole system and plan a simpler one.

PETR POSPISIL, DIPL. MASCH. ING. ETH SIA,
petr.pospisil@hbi.ch, HBI HAERTER AG, Stockerstr. 12,
CH – 8002 Zürich