



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ENERGETICKÝ ÚSTAV

ENERGY INSTITUTE

LOKÁLNÍ VĚTRÁNÍ V PRŮMYSLOVÝCH PROVOZECH

INDUSTRIAL LOCAL EXHAUST VENTILATION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Radim Brdečko

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Pavel Charvát, Ph.D.

BRNO 2017

Zadání bakalářské práce

Ústav: Energetický ústav
Student: Radim Brdečko
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: doc. Ing. Pavel Charvát, Ph.D.
Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Lokální větrání v průmyslových provozech

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Místní odsávání slouží k zachycení škodlivin v blízkosti jejich zdroje a tak výrazně omezuje šíření škodlivin do okolního prostředí. V důsledku toho se snižuje potřebné množství vzduchu pro větrání a tím i celková energetická náročnost větrání. Řada technologických procesů (svařování, broušení, řezání plazmovým hořákem, apod.) produkuje značné množství škodlivin, které je možné odsávat přímo v místě jejich vzniku. Pro různé technologické procesy jsou vhodná různá uspořádání lokálního odsávání.

Cíle bakalářské práce:

Cílem bakalářské práce je provést rešerši způsobů místního odsávání (odvodu škodlivin u jejich zdroje) pro průmyslové provozy. Následně bude provedeno zhodnocení použitelnosti různých způsobů místního odsávání pro různé technologické procesy.

Seznam literatury:

- GOODFELLOW H. D., TAHTI E. Industrial Ventilation Design Guidebook, Academic Press, 2001.
2013 ASHRAE handbook: Fundamentals. S.I. Editions, ASHRAE, 2013. ISBN 978-1-936504-47-3
CHYSKÝ J., HEMZAL K. Větrání a klimatizace - technický průvodce, BOLIT-B Press, 1993.
SZÉKYOVÁ M., FERSTL K., NOVÝ R. Větrání a klimatizace, JAGA Group, 2006.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17.

V Brně, dne 1. 11. 2016



doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou lokálního větrání v průmyslových prostorech. Na začátku práce jsou uvedeny důvody, proč je větrání důležité. V kapitole uvedeny legislativní předpisy i technické požadavky, aby měl pracovník obecnou pohodu při práci. Dále je provedeno rozdělení druhů a typů lokálního větrání. Uvedená filtrace v provozovnách slouží jen k obecnému přehledu. V poslední kapitole je uvedena vhodnost lokálního větrání pro určitou technologickou operaci.

ABSTRACT

This bachelor's thesis deals with local ventilation in industrial working. At the start of work are listed the reasons why is the ventilation very important. In chapter are legislative terms and technical requirements to make human general comfort during working. Local exhaust ventilation (LEV) is divided into some kinds and types. Filtration in industry is just for overview. The last part deals with appropriate local ventilation to certain technical operation.

KLÍČOVÁ SLOVA

Větrání, proudění, rychlost, teplota, odvod, škodliviny, zdroj škodlivin

KEYWORDS

Ventilation, convection, velocity, temperature, exhaust hood, contaminants, contaminant source

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

BRDEČKO, R. *Lokální větrání v průmyslových provozech*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2017. 38 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Pavel Charvát, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma *Lokální větrání v průmyslových provozech* vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Pavla Charváta, Ph.D. a uvedl v seznamu literatury všechny použité literární a odborné zdroje.

26. května 2017

.....

Brdečko Radim

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych velmi rád poděkoval doc. Ing. Pavlu Charvátovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky při vypracování bakalářské práce.

OBSAH

1. ÚVOD.....	10
2. HYGIENICKÉ (FYZIOLOGICKÉ) ZÁKLADY A LEGISLATIVA.....	11
2.1 TEPELNÁ ROVNOVÁHA A TEPELNÁ POHODA	11
2.2 OPERATIVNÍ TEPLOTA	11
2.3 VLHKOST VZDUCHU	13
2.4 BILANCE ŠKODLIVIN A PRŮTOK VZDUCHU	13
2.5 PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE	14
3. LOKÁLNÍ VĚTRÁNÍ.....	15
3.1 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ ODVODŮ.....	16
3.2 OTEVŘENÝ VĚTRACÍ SYSTÉM - PŘIJÍMACÍ A ZÁCHYTNÉ ODVODY	18
3.2.1 JEDNODUCHÉ ODVODY	18
3.2.2 RÁMOVÉ ODVODY VZDUCHU.....	19
3.2.3 LOW-VOLUME/HIGH-VELOCITY (LVHV) SYSTÉM	20
3.2.4 ODSÁVACÍ STOLY	21
3.2.5 DIGESTOŘE.....	22
3.3 UZAVŘENÝ VĚTRACÍ SYSTÉM.....	23
3.3.1 ODVĚTRÁVACÍ KABINY.....	24
3.3.2 KOUŘOVÉ SKŘÍŇE	26
3.3.3 RUKAVICOVÉ BOXY	27
4. ČIŠTĚNÍ VZDUCHU	28
4.1 ELEKTROSTATICKÝ FILTR	28
4.2 MECHANICKÉ ODLUČOVAČE	28
4.2.1 SUCHÉ ODLUČOVAČE.....	29
4.2.2 MOKRÉ ODLUČOVAČE	30
4.3 PRŮMYSLOVÉ FILTRY	30
4.4 SPALOVNY	31
4.5 POROVNÁNÍ ÚČINNOSTI FILTRŮ	31
5. VHODNOST LEV PRO JEDNOTLIVÉ TECHNOLOGICKÉ OPERACE	32
6. ZÁVĚR.....	35
7. SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	36
8. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	37

1. ÚVOD

Odpradá vna měl člověk problémy s odvětráním. Jako příklad bude uveden pračlověk, který žil v jeskyni. Rozdělal si tam oheň, aby si zajistil teplo. Bohužel kouř, který se uvolňoval do ovzduší, ho dusil. Moc se tím nezabýval. V dnešní době už se to dá řešit a nejlépe lokálním větráním. Každý člověk i živočich potřebuje ke svému životu kyslík. V 21. století je mnohem víc škodlivých látek než v minulosti. Zejména u technologických operací v pracovním prostředí. Nemusí jít jen o respirační problémy. Škodlivé látky mohou způsobovat různé alergie a onemocnění. Proto je důležité zachytit znečišťující látky nejlépe hned u zdroje. Tím dojde ke snížení rizika vdechnutí škodliviny a zamezení vzniku onemocnění. V určité míře je člověk vždy vystaven emisím. Jak dlouho a v jaké míře mohou na člověka působit, udává legislativa. Vznik tepla a vlhkosti je další důvod proč odvětrávat. Především kvůli příjemnému pracovnímu prostředí, ale i z funkčního hlediska. Stroje musí být vybaveny ventilátorem, aby nedošlo k přehřátí. Ve vlhkém prostředí se zase daří korozi a plísním. Důležité není jen odvést látky z místa vzniku, ale i přívod čerstvého vzduchu musí být zajištěn. Jestliže větraná místnost zůstane bez kyslíku, mohla by se u pracovníka projevit bolest hlavy, malátnost, ospalost nebo dokonce stav bezvědomí.

Větrání je nedílnou součástí našeho života, jak běžného, tak i pracovního. Ovšem bez správného navržení a instalace může být ventilace neúčinná. Proto je kladen velký důraz na projektovou dokumentaci.

2. HYGIENICKÉ (FYZIOLOGICKÉ) ZÁKLADY A LEGISLATIVA

Větráním a klimatizací se upravuje kvalita ovzduší, tepelný a vlhkostní stav v obytných, průmyslových budovách, technologických prostorech i zemědělských objektech. Prostory jsou zatěžovány produkcí *látkových škodlivin* (plynů, par, pevných i kapalných částic), *vlhkosti a tepelné energie* ze zdrojů vnitřních (osoby, elektronická zařízení, pece, biologické procesy v zemědělství, atd.) i ze zdrojů venkovních (venkovní ovzduší, sluneční radiace). [1]

2.1 TEPELNÁ ROVNOVÁHA A TEPELNÁ POHODA

Tepelná pohoda (tepelný komfort) je subjektivní pocit – stav mysli, vyjadřující uspokojení s tepelným prostředím. Základní podmínkou je zachování tepelné rovnováhy za optimálních hodnot fyziologických parametrů.

Tepelná rovnováha těla a okolí je stav, při němž je zachována rovnost produkovaného tepelného toku a tepla odímaného tělu okolím (konvekcí, sáláním, vypařováním, dýcháním a vedením). [1]

2.2 OPERATIVNÍ TEPLOTA

Definována jako jednotná teplota černého uzavřeného prostoru, tj. prostoru o stejné teplotě vzduchu i stejné střední radiační teplotě, ve které by tělo sdílelo konvekcí a sáláním stejné množství tepla jako ve skutečném nehomogenním prostředí. [2]

V operativní teplotě t_o je zahrnutá střední radiační teplota okolních ploch t_r a teplota vnitřního vzduchu t_v . Z tepelné bilance potom vyplývá výraz pro operativní teplotu

$$t_o = \frac{\alpha_k t_v + \alpha_s t_r}{\alpha_k + \alpha_s} \quad (2.1)$$

U téměř klidného vzduchu (při $w \leq 0,3$ m/s) jsou srovnatelné hodnoty součinitelů přestupu tepla konvekcí a sáláním $\alpha_k \sim \alpha_s$, takže se určí ze známé vnitřní produkce tepla a z dané tepelné propustnosti oděvu. Lze tedy použít zjednodušený tvar rovnice

$$t_o = 0,5(t_v + t_r) \quad (2.2)$$

Pokud je známé proudění vzduchu, pak je možné určit operativní teplotu ze vztahu

$$t_o = t_r + A(t_v - t_r) \quad (2.3)$$

Součinitel A lze vyjádřit v závislosti na proudění vzduchu **$A=0,73w^{0,2}$**

(pokud $w > 0,2$ m/s)

Podle normy ČSN EN ISO [4] můžeme určit součinitel A pomocí tab. 2.1

Tab. 2.1 Závislost koeficientu A pro výpočet operativní teploty t_o na rychlosti proudění w [m/s] [2]

w [m/s]	<0,2	0,2 až 0,6	0,6 až 1,0
A [-]	0,5	0,6	0,7

Požadavky na optimální operativní teplotu t_o v pracovním prostředí jsou uvedeny v Nařízení vlády [5] ve znění č.361/2007 Sb. Předpokládanou činnost zaměstnanců lze zařadit do konkrétní třídy práce (Část A, Tabulka č.1), která odpovídá přípustným hodnotám mikroklimatických podmínek během roku (Část A, Tabulka č.2), shrnuto v tabulce 2.2. [2]

Tab. 2.2 Přípustné hodnoty mikroklimatických podmínek pro celý rok [2]

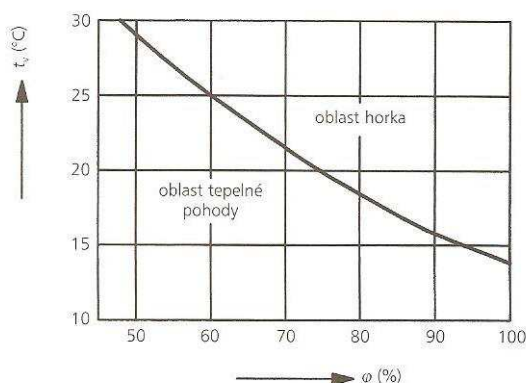
Třída práce	Činnost	Operativní teplota [°C]			Rychlost proudění [m/s]	Relativní vlhkost [%]
		$t_{o \min}$	$t_{o \text{ opt}}$	$t_{o \max}$		
I	Práce vsedě s minimální pohybovou aktivitou, nebo s lehkou manuální prací (administrativní práce)	20	22±2	27	0,01 až 0,2	30 až 70
IIa	Práce vstoje spojená s pomalou chůzí. Přenášení lehkých břemen, překonávání malých odporů.	18	20±2	26	0,01 až 0,2	
IIb	Práce vsedě a vstoje s trvalým zapojením obou paží a nohou (potravinářská výroba atp.)	14	16±2	32	0,05 až 0,3	
IIIa	Práce vstoje s trvalým zapojením obou horních končetin v předklonu, nebo v kleče (údržba strojů, atp.).	10	12±2	30	0,05 až 0,3	
IIIb	Práce vstoje s trvalým zapojením obou horních končetin, trupu, chůze (práce ve stavebnictví, atp.).	10	12±2	26	0,1 až 0,5	

Dlouhodobě a krátkodobě únosné hodnoty pracovní tepelné zátěže

Zmíněný hygienický předpis [5] umožňuje překročení přípustných hodnot mikroklimatických podmínek na pracovištích v důsledku tepelné zátěže z technologických zdrojů. Doby výkonu práce je upravena tak, že nejsou překračovány dlouhodobě a krátkodobě únosné pracovní tepelné zátěže (Část B, Tabulka 1a,1b,1c)

2.3 VLHKOST VZDUCHU

Relativní vlhkost je důležitým parametrem pro vyjádření komfortu v interiéru, ale i jedním z hygienicky požadovaných parametrů [5]. Člověk s operativní teplotou 20°C téměř nevnímá rozdíl mezi hodnotami vlhkosti 35 až 70 %. Bylo dokázáno, že při vlhkosti nižší než 30 % se zvyšuje tvorba prachu a suchý vzduch vysouší sliznici dýchacích cest. Například v prostorech, kde je třeba zabránit vzniku statické elektřiny, je minimální požadovaná vlhkost 40 %. Naopak u technologií s vývinem vlhkosti by neměla překročit 70 %. Hranice tepelné pohody a pocitu horka je uvedena na obr. 2.1 [2] [3]

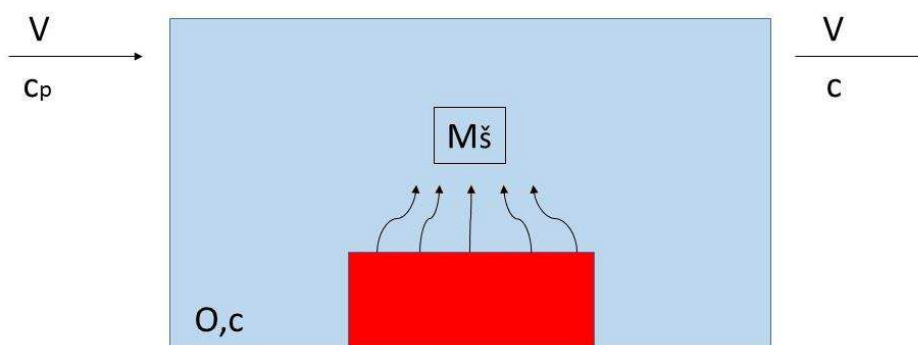


Obr. 2.1 Oblast tepelné pohody a oblast pocitu horka [2]

2.4 BILANCE ŠKODLIVIN A PRŮTOK VZDUCHU

Základní úlohou větrání je stanovení průtoku větracího vzduchu pro odvod škodlivin (znečišťující látky) z prostoru. Průtok venkovního vzduchu se stanoví tak, aby koncentrace škodliviny, která unikne do prostoru, byla v pracovní oblasti menší nebo rovna přípustné hodnotě. Zde na obr. 2.2 je větrání místnosti s konstantním vývinem škodliviny $M_{\text{š}}$ [kg/s]. Místnost o objemu O [m^3] je větrána průtokem vzduchu V [m^3/s].

V přiváděném vzduchu se vyskytuje hodnocená škodlivina c_p [g/m^3] a v případě ideálního větrání bude koncentrace škodliviny c [g/m^3] v prostoru odpovídat koncentraci v odváděném vzduchu. [1]



Obr. 2.2 Schéma místnosti s konstantním vývinem škodliviny [1]

Minimální množství venkovního vzduchu přiváděného na pracoviště, dle Nařízení vlády [5] ve znění č.361/2007 Sb, musí být:

- 25 m³/h na jednoho zaměstnance vykonávajícího práci třídy I nebo IIa podle tabulky 2.2, bez přítomnosti chemických látek, prachů nebo jiných znečištění
- 50 m³/h na jednoho zaměstnance vykonávajícího práci třídy I nebo IIa podle tabulky 2.2, s přítomností chemických látek, prachů nebo jiných znečištění
- 70 m³/h na jednoho zaměstnance vykonávajícího práci tříd IIb, IIIa nebo IIIb podle tabulky 2.2

V provozovnách se můžeme setkat s činnostmi, při kterých vznikají škodlivé látky (např. svařování, lakování atp.). U těchto případů, jsou-li k dispozici údaje o produkci škodlivin, se stanovuje průtok čerstvého vzduchu na základě přípustného expozičního limitu PEL, nebo nejvyšší přípustné koncentrace NKP v daném prostoru.

PEL je celosměnový časově vážený průměr koncentrace plynů, par nebo aerosolů v pracovním ovzduší, jimž mohou být zaměstnanci vystaveni při osmihodinové nebo kratší směně, aniž by u nich došlo k poškození zdraví a pracovní schopnosti.

NKP chemické látky v pracovním ovzduší, které nesmí být zaměstnanec v žádném časovém úseku pracovní směny vystaven. [1]

Vybrané látky s hodnotami PEL a NKP jsou uvedeny v tabulce 2.3

Tab. 2.3 – Hygienické limity vybraných látek v ovzduší pracovišť [3] [5]

Látka	PEL [mg/m ³]	NKP [mg/m ³]
Aceton	800	1500
Amoniak	14	36
Benzíny	400	1000
Ethanol	1000	3000
Formaldehyd	0,5	1
Chlor	1,5	3
Chlorovodík	8	15
Mangan	1	2
Měď (dýmy)	0,1	0,2
Nikl	0,5	1
Olovo	0,05	0,2
Peroxid vodíku	1	2
Rtuť	0,05	0,15
Toluen	200	500

2.5 PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE

Projekt vzduchotechniky by měl být zpracován před každou instalací větracího nebo klimatizačního zařízení. Doporučuje se to i v případě, kde to legislativa nevyžaduje. Instalace bez projektu může být rizikem, stejně tak i výběr zařízení, které není podloženo projektem, může být obtížné. Zejména jednoduché zakázky jako jsou malé větrací systémy (např. odsávací ventilátory) se realizují bez projektové dokumentace, což pak vede k následným provozním problémům (hluk, průvan, předimenzování systému, atd.). [2] [3]

3. LOKÁLNÍ VĚTRÁNÍ

Lokální větrání (Local exhaust ventilation – LEV) je systém, který je běžně používán k ochraně zaměstnanců na jejich pracovišti. Slouží k ochraně před nebezpečnými látkami v místě vzniku. Pro efektivní systém je důležitý návrh (pro konkrétní druh výroby), instalace, monitorování a vhodně prováděná údržba. Všechny části, od projektanta až po konečný výsledek, vedou k efektivnímu systému. Zaměstnavatelé a zaměstnanci musí být poučeni o použití, údržbě a návodu (způsobu) jak postupovat, aby byl LEV co nejúčinnější. Mnozí přeceňují různé typy LEV a nejsou seznámeni s podmínkami použití, což může vést ke snížení efektivity.

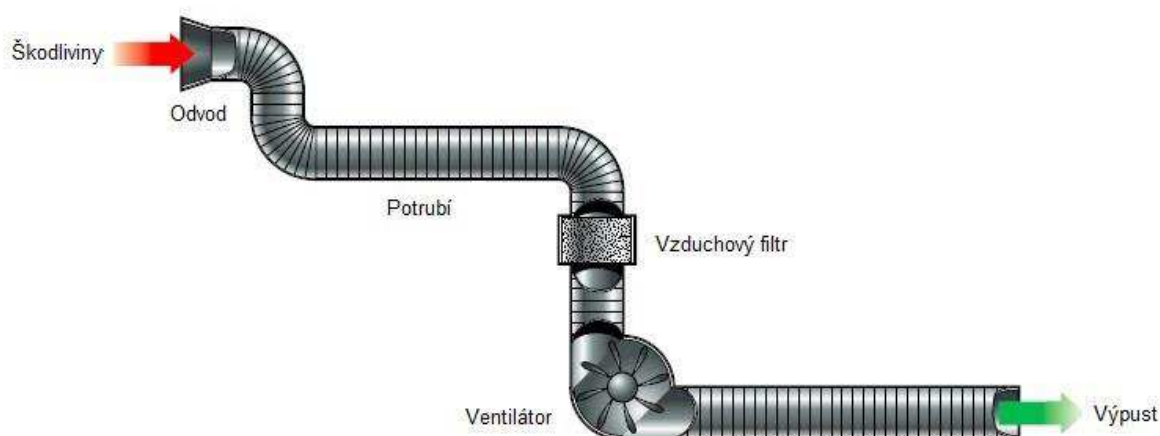
Design a vhodnost pro daný účel jsou klíčové počáteční úvahy, aby byla zajištěna účinnost systému. Jsou-li zapotřebí změny nebo doplňky v procesu, celý design by měl být přehodnocen, zda splňuje podmínky, pro které byl navržen. [6]

Příklady nevhodného designu:

- Větrací systém je příliš malý, nevýkonný a odvod nezachytí škodliviny.
- Digestoř je umístěna v oblasti, kde se kříží proudy, čímž je zpochybněn její vnitřní tok.
- Odvod je navržen bez uvážení technologické operace, která zde bude vykonávána; potom může být pro zaměstnance nemožné využití úplného odvětrání škodlivin.
- Potrubí v některých místech nemá potřebné rozměry, dopravní rychlost může být nedostatečná a škodliviny se usadí v potrubí. V případě hořlavých nečistot to může vést k požáru.
- Hořlavé výpary/materiály, které jsou odsávány; při návrhu systému nebylo přihlédnuto k jejich samovznícení.

Základní prvky LEV (obr. 3.1):

1. Vstup/odvod – kde škodliviny jsou zachyceny, či pohlceny a vstupují do systému
2. Potrubí – vede vzduch a škodliviny od odvodu do výpusti
3. Vzduchový filtr – čistí nasátý vzduch; některé systémy ho nepotřebují
4. Ventilátor a motor – pohání větrací systém
5. Výpust/výfuk – uvolňuje nasátý vzduch (ekologicky nezávadný) na bezpečné místo



Obr. 3.1 Lokální větrací systém [6]

3.1 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ ODVODŮ

Odsávací odvod požaduje přívod vzduchu (přímo nebo nepřímo z druhé místnosti) do místa, kde je odsávání umístěno. Přivedený vzduch by měl být přímo úměrný odsávanému vzduchu a umístěný tak, aby nenarušil proudění odsávaného vzduchu.

OBEČNÉ ROZDĚLENÍ

V Českém jazyce nejsou přiřazena slova určitým výrazům. Slova vybrána tak, aby co nejlépe přiblížila význam a posloužila k všeobecnému porozumění. Slova přeložena a zvolena dle vlastního uvážení a zkušeností. Byla i patřičně prokonzultována.

Větrací systémy (odvody) můžeme rozdělit na 2 základní typy (obr. 3.2):

Uzavřené

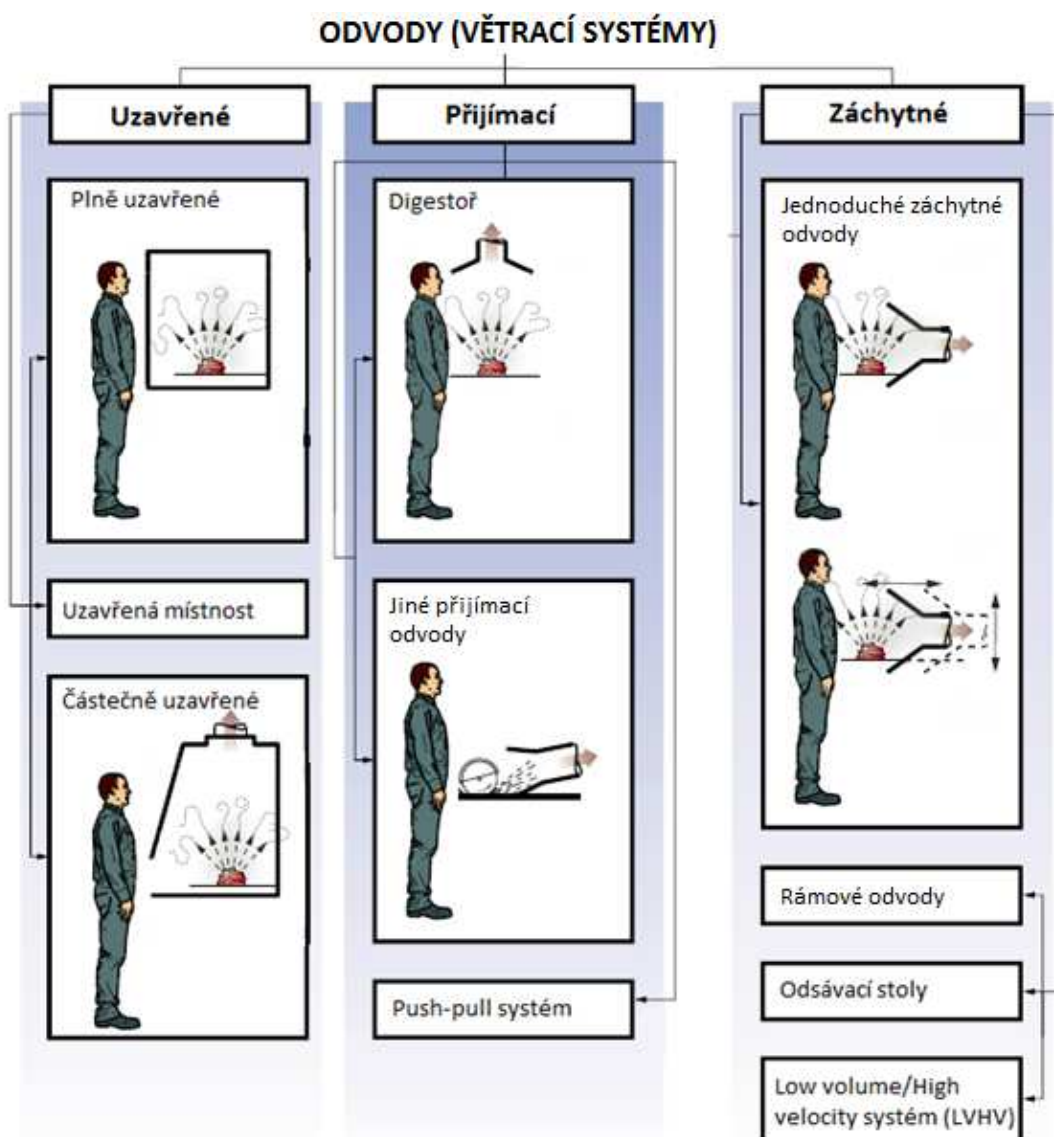
Jestliže je možné uzavřít kontaminovaný objekt a nástroje v pracovním prostoru, pak se to doporučuje. Zvláště tam, kde pracovníci potřebují přístup jen během pauzy v probíhajícímu procesu. Kde uzavřené systémy nejsou praktické, mohou být využity alespoň částečně uzavřené systémy. Výhoda částečného uzavření je snížení úniku škodlivin do prostředí. Hlavní rozdíl mezi uzavřenou a částečně uzavřenou je v proudění. V uzavřených se dosahuje většího proudění než u částečně uzavřených odvodů.

Otevřené

Otevřené systémy se dají ještě rozdělit na *přijímací* (ve směru škodlivin) a *záchytné* (mimo směr škodlivin).

Často přirozená volba větrání. Jsou jednodušší na instalaci, levnější, avšak méně efektivní. Musí být velice blízko zdroji škodlivin, aby LEV byl neúčinnější. Je striktně doporučeno, aby zdroj škodlivin byl mezi odvodem a pracovníkem. Mohou být velice snadno přenastavitelné (dobrá schopnost pohybu). Pracovník musí být mimo dosah

větracího systému a zdroj škodlivin musí být v oblasti zachycení škodlivin (obr. 3.3). Často je zde možnost přichytit odvod k existujícímu odsávacímu potrubí, a když bude odsávané proudění relativně malé, tak se potrubí nemusí ani upravovat. [6] [7]



Obr. 3.2 Rozdělení základních odvodů (větracích systémů) [6]



Obr. 3.3 Účinnost přijímacího a záchytného odvodu [6]

3.2 OTEVŘENÝ VĚTRACÍ SYSTÉM - PŘIJÍMACÍ A ZÁCHYTNÉ ODVODY

Různé typy odvodů se nedají zařadit mezi záchytné nebo přijímací, proto se dají uvést jako jednotná skupina. Ve většině případů (technologických operacích) jsou přirozenou volbou a jsou ekonomicky výhodné.

3.2.1 JEDNODUCHÉ ODVODY

Jednoduché odvody škodlivin jsou otevřené záchyty, které bývají připevněny k potrubí a to je připevněno k poháněcímu zařízení (ventilátor). Bývají běžně používány, protože mohou být navrženy a situovány do mnoha způsobů. Nezasahují do procesu. Většina jednoduchých odvodů je jednoduchého tvaru jako např. kruhový, čtvercový, trojúhelníkový, atd. Většina je připevňována na konec potrubí (obr. 3.4), ale také mohou být umístěny ve zdech.



Obr. 3.4 Odsávací jednotka s kruhovým odvodem [8]

Použití takových odvodů je možné uplatnit skoro na všechny zdroje škodlivin, ale obvykle zaměřené na určitý zdroj. Jednoduché odvody se používají jako samostatný LEV, jako část jiného větracího systému, nebo jako kombinovaný LEV (přívod a odvod vzduchu). Každopádně vysoký proudový poměr je zapotřebí kvůli účinnosti.

Princip

Hlavním principem je vyvinout takovou proudovou rychlost vzduchu, nebo aspoň blízkou, jako má zdroj škodlivin. Rychlost vzduchu by měla být větší než škodlivin i než veškeré křížující se proudy a mělo by to vše směřovat přímo do odvodu. Odvod by měl být tak blízko ke zdroji jak to jen jde. [7]

Různé typy a jejich odlišnosti

Jak již bylo zmíněno, jednoduché odvody mohou být téměř jakéhokoliv tvaru a s přepážkami (obr. 3.5) nebo bez nich. Podobný popis jako je u jednoduchých odvodů najdeme u low volume/high velocity (LVHV). Některé typy jsou stejné jako

jednoduché odvody, ale používají se jiným způsobem. Jedním z rozdílů je, že jednoduché odvody mají menší proudící rychlost vzduchu v odvodu než LVHV. Obvykle je rychlost menší než 20 m/s, kdežto pro LVHV bývá rychlost kolem 75 m/s. Další rozdíl je pokrytí odvětrávací oblasti. Jednoduché odvody pokrývají prostor větší než 0,01 m², zatímco LVHV mají pokrytí menší než 0,001 m². Existuje i něco mezi tím, například malý kruhový odvod kolem svařovacího drátu nebo odvětrávání v povrchu přenosné brusky. [7]

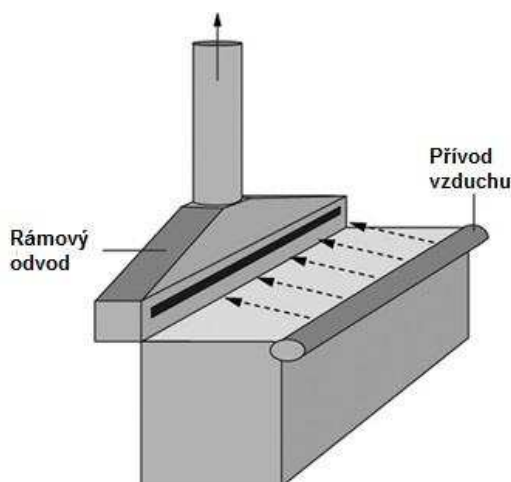


Obr. 3.5 Odvod s přepážkami [9]

3.2.2 RÁMOVÉ ODVODY VZDUCHU

Jsou speciální odvody, které se řadí mezi zachytivé nebo přijímací. Bývají připevněny na rámy nebo okraje zdrojů škodlivin jako jsou například otevřené tanky nebo nádoby. Tyto nádoby se nejčastěji používají pro operace jako čištění, lakování, odbarvování, galvanické pokovování a jiné vrstvicí technologie. Rámové odvody jsou zde instalovány, protože nezasahují do operace a obvykle odstraní škodlivý vzduch z dýchací zóny pracovníků. Toto je podobné digestořím, které také mohou být použity pro tepelné zdroje škodlivin s otevřeným povrchem nádoby.

V praxi mají být instalovány v rámci 0,6 m od okraje zdroje škodlivin. Pokud jsou nádoby široké do 0,6 m, je dostačující jednostranný odvod. Oboustranný rámový odvod je pro nádrže do 1,2 m. Nejsou praktické pro nádrže delší než 1,2 m. Pro takové nádoby se používá push-pull systém (obr. 3.6) nebo zcela uzavřený větrací systém. [7] [10]



Obr. 3.6 Push-pull systém (rámový odvod je bez přívodu vzduchu) [10]

Princip

Používají stejný princip jako jednoduché odvody. Rámový odvod je umístěn podél jedné nebo více stran zdroje škodlivin. Přívod vzduchu používá push-pull systém. Vzduch je hnán na povrch a kontaminovaný vzduch je vtažen do odvodu. Tento push-pull systém se používá pro velké nádoby. Pro malé nádoby je zde běžný rámový odvod bez přívodu vzduchu, který funguje jako jednoduchý odvod. [7]

3.2.3 LOW-VOLUME/HIGH-VELOCITY (LVHV) SYSTÉM

Pro některé technické operace může být velice těžké kontrolovat prach, zvláště když se částice uvolní velkou rychlostí. Velké částice mohou urazit dlouhou vzdálenost, než zpomalí tak, aby mohly být zachyceny konvenčním místním odsáváním. Drobné částice mohou být zachyceny v rychle se pohybující mezní vrstvě vzduchu, která je vytvořena rychlým pohybem povrchů vůči sobě, např. brousicí kotouč. Takovéto případy potřebují systém LVHV. Primárně je určen pro kontrolování prachu. Systém je prospěšný pro ochranu pracovníků, kteří jsou vystaveni prachu a pro zotavující proces materiálu. Odvody LVHV musí být vhodně navrženy. Musí zachytávat prach z technologické operace, ale nesmí bránit v uchycení nářadí nebo pohybu stroje. Avšak i tento systém je limitován a pracovník musí být obeznámen s pracovní hygienou. Respirátor proti prachu může být zapotřebí. Systém se používá pro obráběcí operace radioaktivních materiálů a vysoce toxických kovů a slitin, jako těch, které obsahují např. beryllium. Dále se využívá u svařovacích operací pro kontrolu výparů. Někdy to je efektivní metoda, ale může nastat problém. Vysoká rychlost odvětrávání zachytí ochranné plyny a to způsobí méně kvalitní svár.

LVHV systém je o něco dražší než konvenční systém. Nicméně operativní náklady jsou menší a je nižší potřeba výměny vzduchu v místnosti.



Obr. 3.7 Úhlová bruska se zavedeným LVHV [11]

Princip

Jak již bylo zmíněno LVHV zahrnuje pečlivý design a umístění odvodu. Odvod musí být umístěn velice blízko, přibližně 3 cm od místa vzniku kontaminace. Poté zpracují vysokou rychlost částic, obvykle v rozsahu 50-100 m/s. [7]

3.2.4 ODSÁVACÍ STOLY

Pro některé operace je výhoda mít odsávací stůl místo klasického jednoduchého odvodu. Ventilace je prováděna skrz pracovní stůl. V podstatě je to jednoduchý odvod s přepážkami (mřížkou) umístěný směrem nahoru (obr. 3.8 vlevo). Také je možné přidat na vertikální zdi jednoduché odsávání a z jednoduchého odvodu se to dá přirovnat spíše k částečně uzavřenému systému (obr. 3.8 vpravo). Slouží pro zachycení škodlivin s malou rychlostí a teplotou menší nebo rovnou teplotě v místnosti.

Malá verze odsávacích stolů (přibližně do 0,5 m²) je určena do laboratoří, kde pracují s chemikáliemi, nebo pro lidskou potřebu jako je např. lakování nehtů.

Větší odsávací stoly se používají pro pískování, broušení, leštění a svařování. Jestliže se ale při svařování objeví velké teploty společně s množstvím škodlivin, pak odsávací stoly nejsou vhodné. Stejně tak zde může být problém s broušením, protože je zde velká rychlost částic v různých směrech. Částečným řešením je přidání právě těch odvodů na horizontální stěny.

Velké odsávací stoly mohou být použity pro laserové řezání a svařování ocelových plátů. [7] [13]

Princip

Mříž, drážky nebo díry jsou přidělaný (vyvrtány) na horizontálním povrchu, aby přes ně proudil kontaminovaný vzduch, a aby se povrch dal použít jako pracovní prostor. Návrh povrchu záleží na technologické operaci, které zde bude prováděna. K zachování bezpečnosti jsou škodliviny nebo různý prach hnány přes filtr. [7]



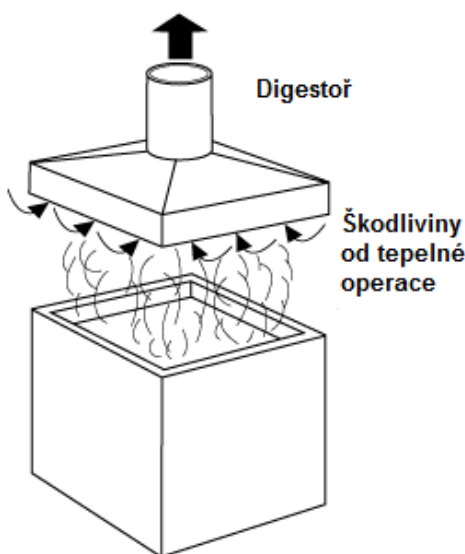
Obr. 3.8 Odsávací stůl (vlevo), odsávací stůl s vertikálním odsáváním pro svařování a broušení (vpravo) [12]

3.2.5 DIGESTOŘE

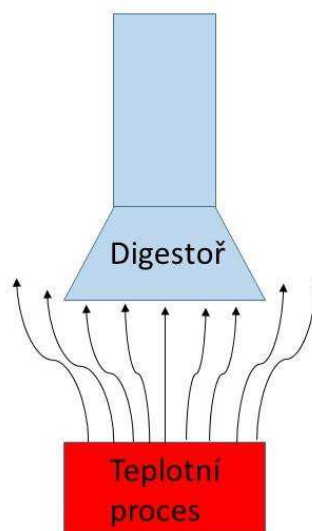
Digestoře jsou odvody navrženy pro zachycení škodlivin, které vznikly během tepelné operace. Využívají tepelného tahu vzniklého během těchto procesů. Nejsou vhodné pro zachycení prachu nebo výparů ani tam, kde se kříží proudy. Tento odvod může být i problematický. Pracovník nesmí naklonit hlavu pod digestoř, protože bude vystaven vzrůstajícímu proudu škodlivin. Tohle představuje vážné omezení digestoří, jestliže pracovník musí pracovat se zdrojem škodlivin. Proto v praxi nejsou moc uplatněny. Pak je lepší ponechat výhody tepelného tahu a použít obyčejný jednoduchý odvod. Nejvíce zastoupené digestoře jsou v kuchyni, kde nic nehrozí, když se uživatel nahne nad zdroj (obr. 3.11). [7] [10]

Princip

Teplotní zdroj vytvoří silný tah, který unáší škodliviny vzhůru. Digestoře tento tah využijí, jak je na obr. 3.9. Teplota musí být dostatečně vysoká, aby bylo docíleno značného tahu, jinak bude digestoř bez účinků. Na obr. 3.10 je zase vidět, jak se kontaminovaný proud šíří kolem digestoře. To je způsobeno tím, že odsávaný proud je menší než tepelný tah. [7]



Obr. 3.9 Digestoř využívá tepelný tah [14]



Obr. 3.10 Digestoř s prouděním menším než tepelný tah [7]



Obr. 3.11 Digestoř [15]

3.3 UZAVŘENÝ VĚTRACÍ SYSTÉM

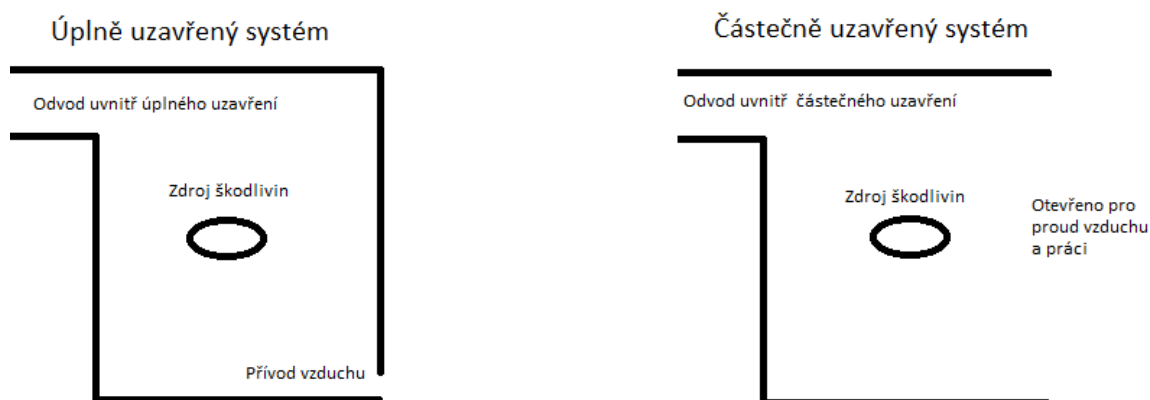
Uzavřený systém se dá rozdělit na částečně uzavřený nebo úplně uzavřený (obr. 3.12). Částečně uzavřený má dostatečně velkou otevřenou plochu pro vykonávání práce (technologické operace). Plně uzavřený to nemá. Oba systémy mají škodlivý zdroj uvnitř. Některé systémy jsou tak velké, že pracovníci můžou pracovat uvnitř.

Částečně uzavřené

Kompromis mezi únikem škodlivin a přístupem ke zdroji. U částečných není možné úplně oddělit zdroj škodlivin od okolí. Účinnost závisí především na velikosti proudění, prostoru proudění, vykonávané technologické operaci, atd. Stejně jako u přijímacích a zachytých odvodů. Výhodou je, že stěny zmenšují možnost úniku škodlivin z odvodu do okolí.

Úplně uzavřené

Jsou přirozenou volbou, kdy jsou velké požadavky na operace, které způsobují mnoho škodlivin. Nebývají plně uzavřené, nějaký vzduch musí být přiváděn, předtím než bude odvětrán. Hlavní rozdílem od částečně uzavřeného systému je podtlak. Tím se získá přijatelné proudění, které bývá mnohem vyšší u plně uzavřených systémů. Vstup dovnitř je omezen. Spojení vnitřku s okolím je zajištěno pomocí zámků, robotem nebo dálkovým ovládáním. Úplně uzavřené nejsou jen nákladnější na sestavení, ale taky potřebují jiný větrací systém, aby řádně fungovaly. Existuje mnoho typů. Některé systémy využívají už vybudovaných stěn a zabudovaných odvodů. Nutností u takového propojení je kapacitní nebo proudový regulátor, sloužící jako ochrana před únikem do ovzduší. Známé jsou ještě 2 způsoby, jak předejít únikům. Prvním způsobem je použití pružného materiálu na odvod, propojení nebo stěny. Změna vnitřního tlaku udrží proud konstantní. Druhým způsobem je mít velký prostor s dostatečnou kapacitou v odvodu jako rezervu. Tento prostor zachytí část kontaminovaného vzduchu uvnitř odvodu, zatímco proud pokračuje konstantně dál. Když výskyt škodlivin poklesne, zachycený kontaminant je vypuštěn. Nicméně to vede k vysokému napětí nebo vzniku „hluchých míst“ v uzavřeném systému. [7]

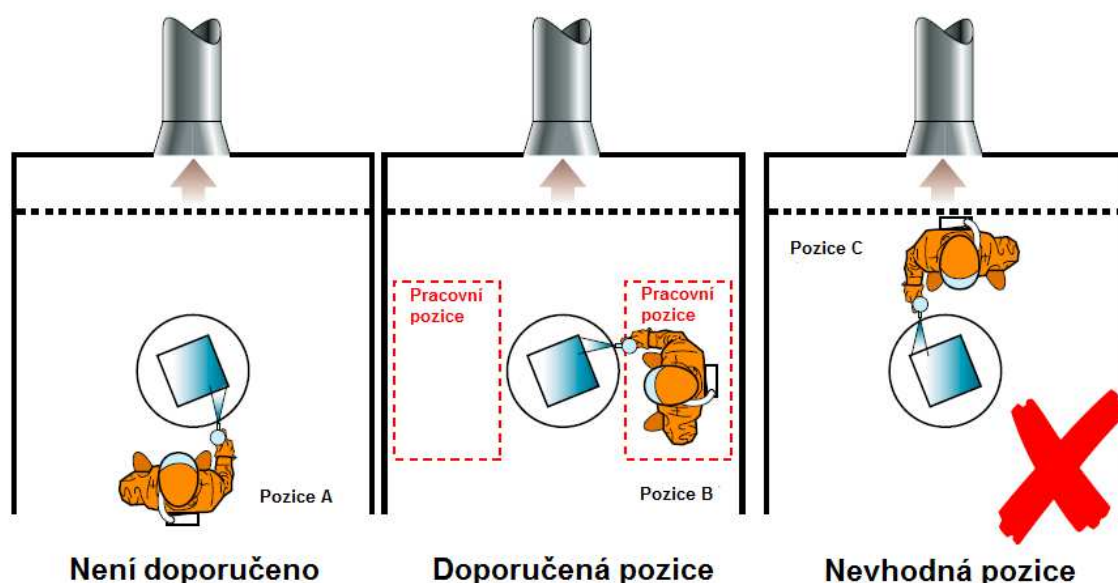


Obr. 3.12 Úplně a částečně uzavřený větrací systém [7]

V pracovních podmínkách je pracovník mimo uzavřený systém. Do systému zasahuje jen rukama. Během výměny zařízení může být vstup nutností, ale počet vstupů by měl být omezený na minimum, a je-li to možné, ještě před začátkem kontaminace. Musí-li pracovník pracovat uvnitř uzavřeného nebo částečně uzavřeného systému (například v lakovnách), musí být přihlédnuto na jeho pracovní zónu.

Pracovní pozice (obr. 3.13 vlevo) mezi zdrojem škodlivin a obklopující místností. Před pracovníkem vzniká recirkulace, která může vnést kontaminant do dýchací zóny pracovníka.

Pracovní pozice (obr. 3.13 vpravo) mezi zdrojem škodlivin a záchytným odvodem dramaticky sníží účinnost odvodu a mělo by se jí vyhnout. Kontaminant míří přímo na pracovníka. [6] [7]



Obr. 3.13 Pracovní pozice [6]

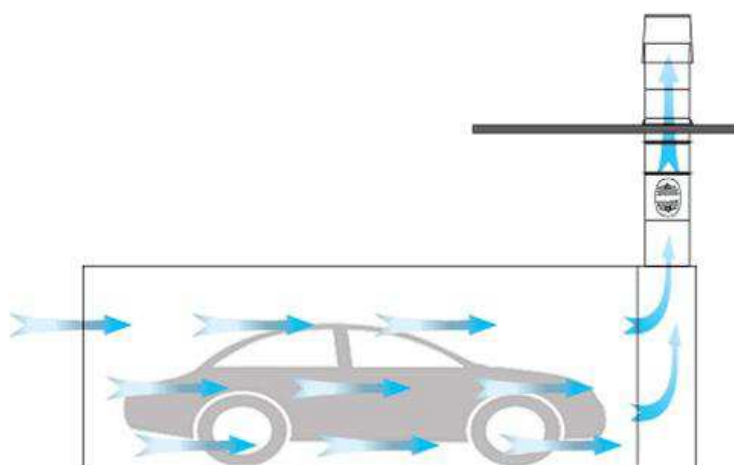
3.3.1 ODVĚTRÁVACÍ KABINY

V mnoha pracovních prostorech se emise šíří náhodně. Ve většině případů jsou škodlivé látky těžce odvětrávány pomocí přijímacích nebo záchytných odvodů. Díky křížícím se proudům a flexibilitě pracovního procesu klesne účinnost jednotlivých odvodů na minimum. Zde se jako místní větrání používají odvětrávací kabiny. Kabiny jsou částečně uzavřený větrací systém s jednou či více stranami otevřenými pro vstup pracovníků. Otvory umístěny na jedné či více stranách nepůsobí jen pro zachycení škodlivin, v co nejkratší vzdálenosti, ale také usměrňují proudy od pracovníků přímo do odvodů. Účinnost kabin vzroste, když se využije stávajícího proudění (např. tepelné proudění od zdroje).

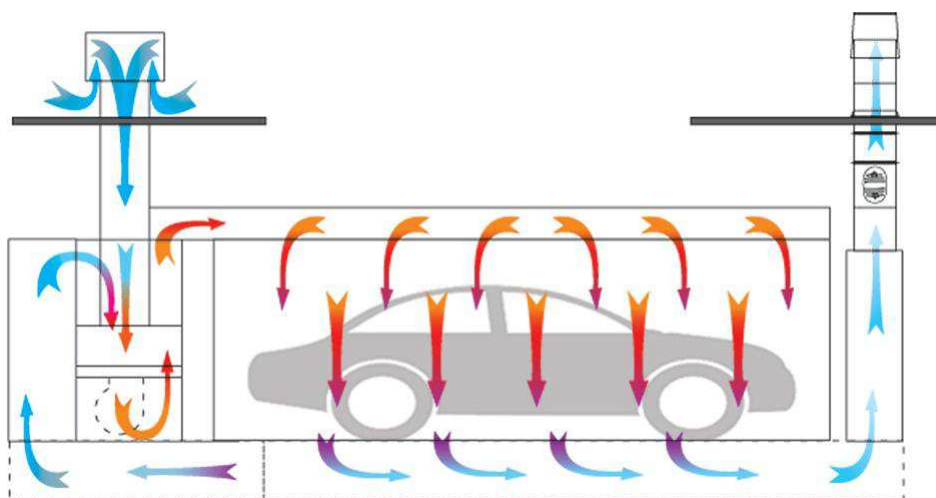
Princip

Střední velikost kabiny (pracovní prostor do 4-5 m²) musí být často upravena na prováděnou technickou operaci. Různé druhy škodlivých látek se zde vyskytují. Škodlivý prostor může být malý, ale závisí na čase, kdy se zde škodlivina pohybuje (např. proces svařování), nebo emisní prostor může být po celém pracovním prostředí

(např. proces lakování). V obou případech je prostě nemožné zachytit škodlivinu pomocí záchytného nebo přijímacího odvodu. U kabin je účinnost zajištěna jedním či více odvody a vylepšena ochranou proti okolním proudům. Od doby kdy se odvody dělají velice malé, je hlavním efektem dostat okolní vzduch do kabiny, zde bude nedostatek objemového proudu vzduchu, a tím vznikne obecný tah do kabiny. Cílem je získat jednotné proudění přes celou kabinu směrem do odvodu. Odvody bývají umístěny na zadní stěně kabiny, ale mohou být ve stropě, na zemi, na postranních zdech nebo jejich kombinace. Výběr místa závisí na typu a směru škodliviny. Odvětrávací kabiny jsou vhodné pro všechny procesy, kde škodliviny nejsou striktně vztaženy k jednomu bodu (zdroje rozmístěny po místnosti) nebo k pohybujícím se zdrojům (broušení, svařování, lakování, odmašťování, atd.). Například lakovny by měly mít odvody po směru lakování. Nejčastěji umístěny v zadní části (obr. 3.14). Podlahové odsávání musí být schopné udržet těžší částice dole, tak aby nebyly zdroj sekundárních škodlivin (obr. 3.15). Používají se pro větší kabiny. [7] [16]



Obr. 3.14 Odvod vzduchu při lakování zadní stranou [16]



Obr. 3.15 Odvod vzduchu při lakování podlahou [16]

3.3.2 KOUŘOVÉ SKŘÍNĚ

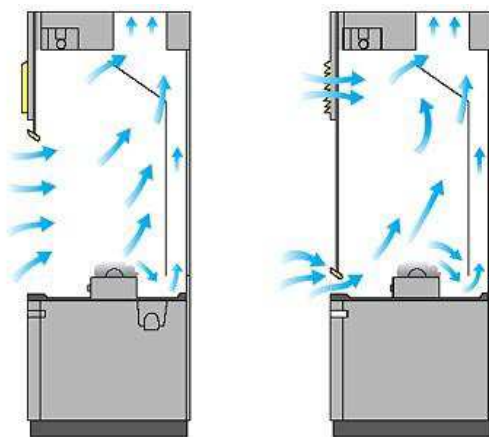
Vypadají jako boxy, které jsou částečně uzavřené (obr. 3.16). Slouží k ochraně pracovníků a zaměstnanců před šířícími se škodlivinami, které se generují uvnitř skříně. Odvětrávají se mechanicky. Vzduch proudí přes otevřenou stranu, kterou má přístup i pracovník. Proudění navrženo tak, aby kontaminant zůstal ve skříni. Znečištěný vzduch je odváděn běžným potrubím s ochranou před uniknutím do ovzduší. Jelikož kouřové skříně jsou částečně uzavřené, vždy tu bude vznikat pomíjivá emise v otevřené části skříně. Používají se v laboratořích, školách i v průmyslu pro mírně nebezpečné látky generující se v malé míře.



Obr. 3.16 Laboratorní kouřová skříň [17]

Princip

Kouřové skříně jsou často využity pro malé laboratorní práce, kde pracovník sedí nebo stojí u otevřené části skříně. Zde je ochranný průhledný štít (sklo, plexisklo), které chrání pracovníka před chemickým procesem. Také chrání před chemickými skvrnami nebo vyšpláchnutím chemikálie. Může být uzavíratelný. Potom je nahoře mřížka, tzv. Bypass, který slouží ke kontrole proudění (obr. 3.17). Štít a stěny skříně usměrní množství vzduchu na tak vysoký proud, který překoná tendenci škodliviny uniknout ze skříně. [7]



Obr. 3.17 Proudění kouřovou skříní; vlevo – otevřený štít, vpravo – uzavřený [18]

3.3.3 RUKAVICOVÉ BOXY

Kompletně uzavřený prostor se sklem nebo plexisklem, kterým se lze dívat na prováděnou operaci rukavicemi skrz jednu nebo více stěny. Kompletním uzavřením dosáhneme minimální kontaminace. Tento typ lokálního větrání je vhodný skoro pro každé pracovní místo.



Obr. 3.18 Rukavicový box s přidaným filtrem [19]

Princip

Boxy jsou připojeny k potrubí. Jsou podobné částečně uzavřeným systémům, akorát místo otevřené jedné strany jsou ve stěně díry s přidělanými rukavicemi. Obvykle zde nebývá specifikován otvor pro vstup vzduchu z okolí. Vzduch prochází skrz existující škvíry. Když je otvor specifikován, bývá opatřen jednosměrným ventilem, který chrání pracovní zónu před prouděním zevnitř boxu. Otvor bývá také opatřen filtrem k zachycení škodlivin, kdyby proudění vzduchu proudilo obráceně. Boxy jsou vyráběny z plechu nebo plastu. Slouží k malému abrasivnímu otryskávání a ke kontrole toxických a vysoce radioaktivních materiálů. Výběr materiálu rukavic závisí na typu škodliviny, protože některé plyny nebo výpary mohou způsobit onemocnění kůže. Ovšem manipulace v rukavicích nemusí být příjemná, ale někdy je nutností. Boxy se používají především v chemických pracovnách a laboratořích. [7]

4. ČIŠTĚNÍ VZDUCHU

Filtry čistí vzduch od částic různých velikostí (od hrubého prachu až po mikročástice).

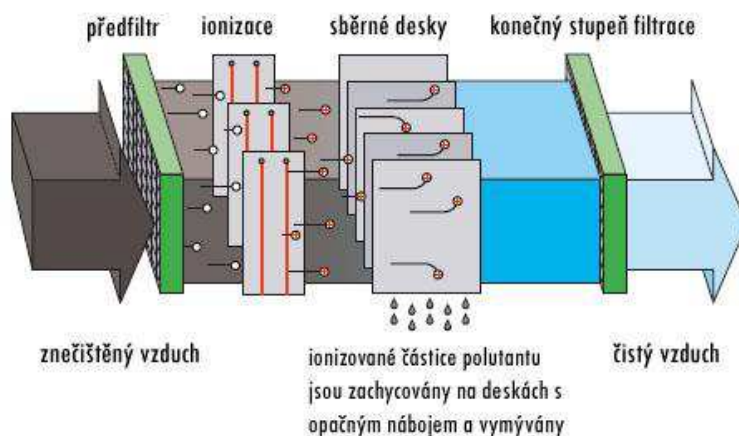
Zde jsou uvedeny některé druhy filtrů a odlučovačů. Slouží jen k obecnému přehledu.

4.1 ELEKTROSTATICKÝ FILTR

Elektrostatické filtrační soustavy jsou zařízení na bázi vysoce účinných elektrostatických filtrů. Ty se charakterizují vysokou efektivitou, minimálními energetickými náklady a dlouhou životností. Elektrostatické síly jsou aplikovány přímo na částice. Tím pádem, energie využitá na oddělení je soustředěna přímo na částice a ne na proudící plyn. Zařízení mohou být využita v jakýchkoliv prostorech, kde není žádoucí výskyt kouře, prachu a nepříjemných zápachů.

Princip

Základní princip je ukázán na obr. 4.1. Nabíjení částic je uskutečněno pomocí proudění iontů mezi dvěma elektrodami. Jedna je připojena k vysokému napětí a je napájena. Druhá je uzemněna. Elektrické pole mezi elektrodami způsobí elektrostatické síly na částice, které jsou pak vedeny k uzemněné elektrodě. Elektrické pole je vytvářeno pouze elektrodou vysokého napětí. Elektrostatické filtry jsou určeny pro aerosolové částice. [20] [21]



Obr. 4.1 Elektrostatický filtrační systém [20]

4.2 MECHANICKÉ ODLUČOVAČE

Jejich základní dělení se rozděluje do 3 typů. Suché a mokré odlučovače, průmyslové filtry. Průmyslové filtry slouží k odlučování malých částic s vysokou účinností.

4.2.1 SUCHÉ ODLUČOVAČE

Patří mezi nejstarší a v praxi dosti rozšířené odlučovače. Jsou založeny na využití gravitačního, setrvačného a odstředivého principu k odlučování částic. Charakteristické vlastnosti odlučovačů jsou: jednoduchá konstrukce, provozní spolehlivost, nenáročnost na obsluhu a nižší pořizovací náklady. Nevýhodou je nízká odlučivost pro jemné frakce. [21] [22]

Mezi suché mechanické odlučovače patří:

- Gravitační
- Setrvačné
- Vírové (např. cyklonový odlučovač)
- Rotační

Pro přehlednost a názornost uveden: **Cyklonový odlučovač**

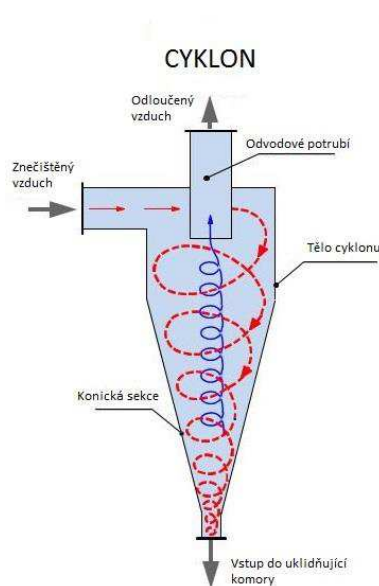
Řadí se mezi suché mechanické vírové odlučovače. Cyklonové odlučovače (cyklony) jsou určeny pro odlučování pevných frakcí z odsáté vzdušiny (obr. 4.2). Své využití nejvíce nachází v provozech, kde je odsáváno velké množství materiálu, jako jsou například piliny, granule. Mechanismus není příliš komplikovaný a požadavky jsou nízké.

Princip cyklonového odlučovače

Díky svému tvaru je schopen usměrňovat proudění odsáté vzdušiny a vlivem odstředivého efektu a setrvačnosti nastává odloučení pevných částic obsažené ve vzdušnině. Pevné částice odpadávají do kónické části cyklonu zakončené uklidňovací komorou, kde jsou podávány pomocí rotačního podavače k dalšímu zpracování (obr. 4.3). [23]



Obr. 4.2 Cyklonový odlučovač [23]



Obr. 4.3 Funkce cyklonu [24]

4.2.2 MOKRÉ ODLUČOVAČE

Mokrý mechanický odlučovač jsou založeny na využití setrvačného a odstředivého odlučovacího principu. K odloučení částic do kapaliny dochází v zásadě 4 způsoby:

- odloučením částic na kapičkách vlivem setrvačného principu
- odloučením částic na smáčeném povrchu obtékaných těles vlivem setrvačného, resp. odstředivého principu
- odloučením částic na hladině kapaliny vlivem setrvačného principu
- odloučením částic na povrchu bublin plynu při průchodu plynu vrstvou kapaliny

Charakteristické vlastnosti mokrých odlučovačů: vyšší odlučivost pro jemné částice, vhodné pro lepidlo a abrazivní částice, současně s tuhými částicemi lze zachycovat i znečištěné plynné látky a v okolí odlučovačů se dosahuje nízká povrchová prašnost. Nevýhodami jsou spotřeba vody na odpar, nebezpečí koroze, vyšší tlakové ztráta u některých typů a náročnost na obsluhu a údržbu. [21] [22]

Mezi mokré mechanické odlučovače patří:

- Sprchové (obr. 4.4)
- Setrvačné
- Vírové
- Proudové
- Pěnové
- Rotační



Obr. 4.4 Sprchová věž bez výplně[25]

4.3 PRŮMYSLÝCH FILTRY

U filtrů působí prakticky všechny odlučovací principy – difuzní, odstředivý a gravitační, setrvačný, příp. i elektrický princip. U průmyslových filtrů po určité době dochází k odlučování částic pouze na povrchu filtrační vrstvy, tvorbě tzv. filtračního koláče a následnému odlučování částic na vrstvě již odloučených částic. Kromě průmyslových filtrů máme filtry na čištění atmosférického vzduchu.

Mezi průmyslové filtry patří například: kapsový filtr, rámečkový filtr nebo kompaktní filtrační články. [21] [22]

4.4 SPALOVNY

V neposlední řadě se odpadní plyny spalují. Tepelné spalovny se používají především na těkavé organické sloučeniny, některé částice (složení jako saze) vzniklé neúplným spalováním uhlovodíků či koksu. Částice se zničí v různých teplotních stupních.

Nejsou zpravidla tak ekonomické, protože nevyužívají teplo z odvětrávaných plynů. Toto teplo se dá využít alespoň pro přehřev. Pro dosažení určité teploty se musí palivo přidávat. Účinnost je ovšem vysoká. Možnost dosažení více než 99,9999 %.

Tepelné spalovny jsou často nejlepší volbou, kde je potřeba vysoké účinnosti a kde odpadní plyny dosahují 20 % spodní hranice výbušnosti (LEL - lower explosive limit). [26]

4.5 POROVNÁNÍ ÚČINNOSTI FILTRŮ

Porovnání jednotlivých druhů filtrů podle účinnosti můžeme vidět v Tab. 4.1.

Tab. 4.1 – Účinnost pro různé typy filtrů [6]

Typ filtrace	Účinnost	Výhody
Cyklonový odlučovač	Záleží na velikosti částice. 5 μm – 50 % 8 μm – 100 %	Účinný pro větší částice. Minimální pokles tlaku.
Elektrostatický filtr	Od 1 do 50 μm – 80 až 99 % Nejvyšší účinnost od 5 do 10 μm – 99 % a víc	Účinný za vysokých teplot a v korozivních podmínkách.
Mokrý odlučovač	Od 1 do 5 μm - 20 až 80 % > 5 μm – 96 %	Účinnost s horkými a korozními plyny. Snižuje riziko exploze.
Průmyslový filtr (látkový)	Více než 99,9 %	Účinnost vzroste, jakmile se vytvoří filtrační koláč.

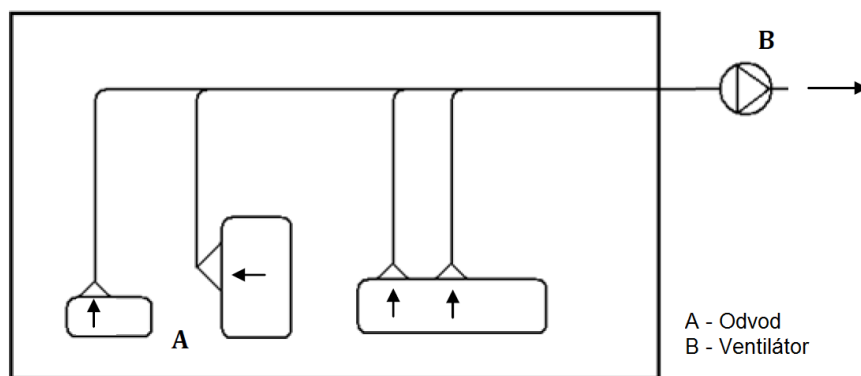
Filtry čistí plyny (škodliviny) vypouštěné do ovzduší. Někdy je zapotřebí, aby se škodliviny nedostali dovnitř (myšleno dýchací ústrojí uživatele). Pro tento účel se používají filtrační polomasky (respirátory). Respirátory slouží k tomu, aby zabránily průniku mikroorganismů, jemného prachu a toxických tuhých či kapalných částic zvenku dovnitř. Podléhají povinným zkouškám a musí splňovat podmínky normy (ČSN EN 149).

5. VHODNOST LEV PRO JEDNOTLIVÉ TECHNOLOGICKÉ OPERACE

Ve vybírání určitého druhu LEV rozhoduje operace, která zde bude vykonávána, rychlost proudění, velikost součásti, zda je to statická technologická operace (schopnost pohybu) a také přihlédnutí na sériovost.

Při sériové výrobě se vyplatí pořízení různých CNC strojů (Computer Numerical Control), které mají odvětrávací systém už zabudovaný. CNC stroj se dá považovat za uzavřený systém, který obsahuje různé druhy LEV. Například laser pro laserové řezání. Už od výrobce má zabudovaný odsávací stůl a jiné jednoduché odsávací odvody. Stroje obsahují i různé druhy filtrů nebo odlučovačů pro čištění vzduchu. Jednotlivé typy lokálního větrání se dají jen těžce rozeznat a jejich kombinování je zcela běžné.

Při kusové výrobě a při statické práci na dílenských stolech jsou nejběžnější jednoduché odvody. Nastaví se přímo k místu vzniku škodliviny a jsou levné. V malých dílnách se nemusí dělat projektová dokumentace a instalace. Stačí si zakoupit odsávací jednotku (obr. 3.4), která už má i zabudovaný filtr. Výběr jednotky a její účinnosti závisí na druhu, rychlosti a množství škodlivin. Důležité ověřit a změřit emise, aby bylo dosaženo co nejvyšší účinnosti. Pro větší polotovary a součásti, nebo kde pracuje více pracovníků, se vyplatí odsávací stoly. Ve větších dílnách je vhodnější centrální větrací systém (pokud je možné kombinovat škodliviny od jednotlivých technologických operací) s jednotlivými vývody pro odvody (obr. 5.1). Zde je doporučena projektová dokumentace. Slouží ke správnému průměru potrubí, výběru poháněcího větracího systému a zvolení filtru. Vhodně navrženou projektovou dokumentací se zamezí nefunkčnosti systému a předejde se různým haváriím.



Obr. 5.1 Centrální větrací systém [27]

Nejbezpečnější a nejúčinnější jsou tedy uzavřené větrací systémy. Ovšem bez přístupu pracovníků nebo jen v případě výměny nástroje nebo opracovávané součásti. V dnešní době robotů a automatizace strojů dochází ke snížení rizika vdechnutí škodlivin. I přesto, v některých případech (technologických operacích), se nedá zamezit přístupu pracovníků (zatím to není možné). Proto je vhodné použití LEV, nežli konvenčního odvětrávání v místnosti. Tím je sníženo riziko vdechnutí škodlivin a zvýšena účinnost systému.

Zde vytvořena tabulka vhodnosti jednotlivých druhů LEV dle vlastního uvážení (tab. 5.1)

Tab. 5.1 Rozdělení LEV dle technologické operace

Druh LEV		Jednoduché odvody	Rámové odvody	LVHV	Odsávací stoly	Digestoře	Odvětrávací kabiny	Kouřové skříně	Rukavicové boxy
Technologická operace	Svařování a pájení	Vhodné při instalaci co nejbližší ke zdroji	x	Vhodné, ale drahé provedení	Méně vhodné při velkých teplotách a množství škodlivin	x	Vhodné pro velké svařované konstrukce	x	x
	Broušení	Méně vhodné kvůli vysoké rychlosti proudění	x	Vhodné pro malé přenosné brusky	Velmi vhodné s přidaným horizontálním odvodem	x	Vhodné pro velké konstrukce	x	x
	Leštění, odmašťování a pokovování	Vhodné při malých součástkách	Vhodné pro otevřené nádoby	x	Vhodné	x	Velmi vhodné	Vhodné pro chemické pokusy	x
	Lakování	x	Vhodné pro otevřené nádoby	x	Vhodné	x	Velmi vhodné	x	x
	Vrtání a řezání	Vhodné	x	Vhodné	Vhodné	x	x	x	x
	Práce s toxickými prvky	x	x	Vhodné při obrábění	x	x	Vhodné bez přítomnosti pracovníků	Vhodné	Vhodné

Nesmí být zapomenut přívod čerstvého vzduchu. Navržení přívodu je mnohem složitější než odvodu, díky specifickému proudění škodlivin. Pro velké proudění se používá tzv. kombinace odvodu (LEV) a přívodu, který přivádí čerstvý vzduch. Přívod (např. vzduchová clona) má vliv na odvod. Návrh kombinovaného systému musí být přesný. Je dán přesný poměr mezi přiváděným a odvětrávaným prouděním a rychlostí. Existuje mnoho způsobů, jak navrhnout kombinaci systému. Ovlivňuje to více faktorů, které se musí zahrnout do úvahy.

Bezpečnost a zdraví pracovníků je na prvním místě. Lokální větrání zachytí takové množství škodlivin, které by se mohlo dostat do dýchací zóny pracovníka. Není ovšem zaručeno úplné odvětrání. V některých případech je dobré použití filtračních polomasek. V odvětrávacích kabinách, kde se nedá vyhnout pohybu pracovníků (např. při lakování), je nošení respirátorů nutností. Škodliviny jsou odsávány podlahou nebo zadní stěnou, ale vypouštěny přímo před dýchací zónou pracovníka. U LVHV odvodů jsou respirační masky taktéž doporučovány. Zejména jako ochrana proti prachu. U některých strojů jako je sbíječka, ruční pila nebo úhlová bruska je to vyžadováno. U operací s těmito stroji závisí nošení respirátorů také na opracovávaném materiálu a prostředí, kde je technologická operace prováděna.

Každý člověk se o své zdraví musí starat sám. Existují však škodliviny, o kterých ani neví. Zákony a nařízení pomáhají v kontrole škodlivin. Jsou striktně dány a zaměstnavatel nesmí vystavit pracovníky zdraví nebezpečným podmínkám. Právě naopak. Měl by se starat o jejich zdraví. Poradit se s odborníky a pořídit tak co nejúčinnější a nejvhodnější větrací systém.

6. ZÁVĚR

Jedním z cílů této práce bylo seznámení se s možnostmi lokálního větrání, které slouží jako účinnější větrací systém. V úvodu práce je uvedena důležitost větrání, a proč je velmi důležité odvětrávat škodliviny z místa zdroje. Jsou zde uvedeny také náležitosti z hlediska legislativního. Tedy hodnoty, které se nesmí překročit nebo jsou doporučené. Požadavky jsou především na obměnu vzduchu za časovou jednotku nebo na rychlost proudění vzduchu. Uvedeno také doporučení projektové dokumentace.

Existuje několik způsobů jak rozdělit systémy lokálního větrání. Základní rozdělení je na otevřené a uzavřené větrací systémy. Jejich rozdělení do určitých druhů je uvedeno ve třetí kapitole. Také je zde přehled principů jednotlivých typů lokálního větrání a jejich užití. K zajištění lepší účinnosti a čistotě ovzduší slouží různé filtry a odlučovače škodlivin. Čištění vzduchu a ochraně ekologického prostředí se věnuje další část práce.

Ve čtvrté kapitole je zobrazen přehled a rozdělení čištění vzduchu. Dále účinnost odloučení škodlivin z odvětrávaného vzduchu a výhody použití jsou uvedeny.

Vhodnosti lokálního větrání pro technologické operace se věnuje pátá kapitola. Při rozdělení rozhoduje více faktorů, jako např. sériovost výroby, rychlost proudění, jemné či hrubé zrna, atd. Faktory vzaty do úvahy a rozdělení shrnuto do tabulky.

7. SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Veličina	Symbol	Jednotka
Operativní teplota	t_o	[K]
Střední radiační teplota okolních ploch	t_r	[K]
Teplota vnitřního vzduchu	t_v	[K]
Přestup tepla konvencí	α_k	[W.m ⁻² .K ⁻¹]
Přestup tepla sáláním	α_s	[W.m ⁻² .K ⁻¹]
Proudění vzduchu	w	[m/s]
Součinitel v závislosti na proudění vzduchu	A	[-]
Vlhkost	φ	[%]
Konstantní vývin škodliviny	M_s	[kg/s]
Objem	O	[m ³]
Průtok vzduchu	V	[m ³ /s]
Hodnocená škodlivina	c_p	[g/m ³]
Koncentrace škodliviny	c	[g/m ³]
Vážený průměr koncentrace plynů, par nebo aerosolů v pracovním ovzduší, jimž mohou být zaměstnanci vystaveni	PEL	[mg/m ³]
Chemické látky v pracovním ovzduší, kterým nesmí být zaměstnanec v pracovní době vystaven	NKP	[mg/m ³]

Význam	Zkratka
Lokální větrání - Local exhaust ventilation	LEV
Malé množství/velká rychlost - Low volume/high velocity	LVHV
Spodní hranice výbušnosti - Lower explosive limit	LEL
Počítačově řízený stroj - Computer Numerical Control	CNC

8. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] DRKAL, František a Vladimír ZMRHAL. *Větrání*. V Praze: České vysoké učení technické, 2013, 157 s. : il. ISBN 978-80-01-05181-8.
- [2] SZÉKYOVÁ, Marta, Karol FERSTL a Richard NOVÝ. *Větrání a klimatizace*. Bratislava: Jaga, 2006, 359 s. : obr., čb. a bar. fot., tabulky, grafy, bar. příl. ISBN 80-8076-037-3.
- [3] ZMRHAL, V a Miloš Lain. *Větrání a klimatizace malých provozoven (I)* [online]. Zveřejněno dne 3. 12. 2007 [cit. 2017-03-08]. Dostupné z: <vetrani.tzb-info.cz/teorie-a-vypocty-vetrani-klimatizace/4515-vetrani-a-klimatizace-malych-provozoven-i>.
- [4] ČSN EN ISO 7726. *Ergonomie tepelného prostředí – Přístroje pro měření fyzikálních veličin*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2002.
- [5] NAŘÍZENÍ VLÁDY č. 361/2007 sb., *kterým se stanoví podmínky ochrany zaměstnanců při práci*, Sbírka zákonů ČR, Ročník 2008.
- [6] Health and Safety Authority. *Local Exhaust ventilation* [online]. 2014 [cit. 2017-03-08]. Dostupné z: <www.hsa.ie/eng/Publications_and_Forms/Publications/Occupational_Health/Local_Exhaust_Ventilation_LEV_Guidance.pdf>.
- [7] GOODFELLOW, Howard a Esko TAHTI. *Industrial Ventilation: Design Guidebook*. San Diego: Academic Press, 2001, 1519 s. ISBN 0-12-289676-9.
- [8] XYTRONIC INDUSTRIES LTD. *Odsávací systémy* [online]. [cit. 2017-04-16]. Dostupné z: <www.soldering-station.com/cs/fume-extraction-systems.html>.
- [9] DENBRAVEN. *Mřížka větrací kruhová se síťovinou* [online]. [cit. 2017-04-16]. Dostupné z: <www.denbraven.cz/vetraci-mrizky-a-prislusenstvi/9000-mrizka-vetraci-kruhova-se-sitovinou-171-cz554.html>.
- [10] ILO Content Manager. *Commercial Photographic Laboratories* [online]. Zveřejněno dne 2. 4. 2011 [cit. 2017-04-16]. Dostupné z: <www.iloencyclopaedia.org/component/k2/item/933-commercial-photographic-laboratories>.
- [11] LABORERS' HEALTH AND SAFETY FUND OF NORTH AMERICA. *Controlling Silica Exposure* [online]. [cit. 2017-04-16]. Dostupné z: <www.lhsfna.org/index.cfm/controlling-silica-exposure/#drills>.
- [12] AIRFLOW SYSTEMS INC. *Downdraft Tables DT-3000* [online]. [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <www.airflowsystems.com/products/specs/?n=dt-3000>.
- [13] PENTZ, F. William. *Downdraft Table*. [online]. Zveřejněno dne 29. 12. 2015 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <www.billpentz.com/woodworking/cyclone/downdraft.cfm>.

- [14] CANADIAN CENTRE FOR OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY. *OSH Answers Fact Sheets* [online]. Zveřejněno dne 1. 9. 2016 [cit 2017-04-20]. Dostupné z: <www.ccohs.ca/oshanswers/prevention/ventilation/hoods.html>.
- [15] CYCLONE RANGE HOODS. *SC300 Canopy Hoods* [online]. 2017 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <www.cyclonerangehoods.com/range-hoods/alito-collection/sc300-canopy-hoods>.
- [16] GLOBAL FINISHONG SOLUTIONS. *Gauging Paint Booth Ventilation Performance* [online]. Zveřejněno dne 26. 3. 2013 [cit. 2017-05-03]. Dostupné z: <www.gfsboothblog.com/2013/03/26/air-changes-vs-air-velocity-gauging-paint-booth-ventilation-performance/>.
- [17] INTEGRATED LABORATORY SERVICES. *Ducted Academia Fume Cupboard* [online]. [cit 2017-05-03]. Dostupné z: <www.fumecupboards-direct.com/product/academia-fume-cupboard/>.
- [18] YAMATO SCIENTIFIC CO.,LTD. *Fume Hood Model RFS* [online]. 2012 [cit. 2017-05-03]. Dostupné z: <www.yamato-scientific.com/product/laboratory/fumehood/rfs.htm>.
- [19] LABCONCO. *Protector Stainless Steel Multi-Hazard Glove Box* [online]. 2017 [cit 2017-05-03]. Dostupné z: <www.labconco.com/product/protector-stainless-steel-multi-hazard-glove-box-2/486>.
- [20] VZDUCHOTECHNIK. *Elektrostatické filtrační soustavy* [online]. [cit 2017-05-08]. Dostupné z: <www.vzduchotechnik.cz/vyrobky/elektrostaticke-filtry/>.
- [21] NOVÝ, R. a kol. *Technika prostředí*. Praha: ČVUT, 2000, 256 s. ISBN 80-01-02108-4
- [22] HEMERKA, Jiří. *Odlučování tuhých částic*. Dot. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické, 1995, 138 s. ISBN 80-01-01088-0
- [23] CYPRES FILTR BRNO. *Cyklonový odlučovač (cyklon)* [online]. 2010 [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: <www.cipres.cz/cyklonovy-odlucovac-cyklon.html>.
- [24] THE CEMENT GRINDING OFFICE. *Separators in the cement industry* [online]. [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: <www.thecementgrindingoffice.com/cyclonesdevelop.html>.
- [25] UJEP - FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Čištění plynů* [online]. 2015 [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <www.fzp.ujep.cz/ktv/uc_texty/pt3/13%20CisteniPlynu.pdf>.
- [26] ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Thermal Incinerator* [online]. Zveřejněno dne 18. 9. 2015 [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <www3.epa.gov/ttnchie1/mkb/documents/fthermal.pdf>.
- [27] JANOTKOVÁ, E.: *Technika prostředí*. Brno: VUT, 1991, 201 s. ISBN 80-214-0258-X.