



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

DESIGN PROTIPOŽÁRNÍHO RESPIRÁTORU

DESIGN OF ANTI-FIRE RESPIRATOR

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

MARTIN METLICKÝ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. akad. soch. LADISLAV KŘENEK,
Ph.D.

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav konstruování

Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Martin Metlický

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Průmyslový design ve strojírenství (2301R008)**

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:

Design protipožárního respirátoru

v anglickém jazyce:

Design of Anti-fire Respirator

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Analýza a návrh designu protipožárního respirátoru. Návrh má splňovat obecné předpoklady průmyslového designu respektovat funkční, konstrukční, technologické, estetické a ergonomické zákonitosti.

Cíle bakalářské práce:

Cílem bakalářské práce je vytvořit design protipožárního respirátoru.

Bakalářská práce musí obsahovat:

1. Vývojová, technická a designérská analýza tématu
2. Variantní studie designu
3. Ergonomické řešení
4. Tvarové (kompoziční) řešení
5. Barevné a grafické řešení
6. Konstrukčně-technologické řešení
7. Rozbor dalších funkcí designérského návrhu (psychologická, ekonomická a sociální funkce).

Forma bakalářské práce: průvodní zpráva (text), sumarizační poster, model.

Seznam odborné literatury:


- BRAMSTON, D.: Design výrobků / Hledání inspirace. Brno : Computer Press, 2010
JOHNSON, M.: Problem solved. London : Phaidon, 2002.
LIDWELL, W., HOLDEN, K., BUTLER, J.: Universal Principles of Design. Gloucester : Rockport, 2003.
LIDWELL, W., MANASCA, G.: Deconstructing Product Design. Beverly : Rockport, 2009
NORMAN, D. A.: Emotional Design. New York : Basic Books, 2004.
TICHÁ, J., KAPLICKÝ, J.: Future systems. Praha : Zlatý řez, 2002.
Časopisy: Design Trend, Designum, Form, ID, Idea magazine ap.

Vedoucí bakalářské práce: doc. akad. soch. Ladislav Křenek, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/2012.

V Brně, dne 16.11.2011





prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.
Ředitel ústavu



prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Tématem této bakalářské práce je design protipožárního respirátoru, konkrétně ochranné masky určené primárně hasičům a záchranářům. Cílem designu je vytvoření funkčního návrhu dodržujícího ergonomické, technické a estetické požadavky.

KLÍČOVÁ SLOVA

ochranné prostředky dýchacích orgánů, ochranná maska, obličejová maska, respirátor, design

ABSTRACT

The topic of this bachelor's thesis is design of anti-fire respirator more specifically self-contained breathing apparatus primarily intended for firefighters and rescuers. The main aim of this design is to create functional object fulfilling ergonomic, technical, and aesthetic demands.

KEYWORDS

respiratory protective equipment, self-contained breathing apparatus, fullface mask, respirator, design

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

METLICKÝ, M. *Design protipožárního respirátoru*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 51 s. Vedoucí bakalářské práce doc. akad. soch. Ladislav Křenek, Ph.D..

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Design protipožárního respirátoru zpracoval samostatně s využitím zdrojů, které jsou řádně uvedené v seznamu literatury.

.....
v Brně dne

.....
podpis

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce doc. akad. soch. Ladislavu Křenkovi, Ph.D. za cenné rady, nápady a vedení v průběhu tvorby této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Vladimíru Molíkovi za asistenci při výrobě modelu a v neposlední řadě děkuji své rodině, spolužákům a kamarádům za materiální i duševní podporu během celého studia.

OBSAH

ABSTRAKT	5
KLÍČOVÁ SLOVA	5
ABSTRACT	5
KEYWORDS	5
BIBLIOGRAFICKÁ CITACE	5
PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI	7
PODĚKOVÁNÍ	9
OBSAH	11
ÚVOD	13
1 HISTORICKÁ ANALÝZA	14
1.1 Předchůdci ochranných prostředků dýchacích orgánů	14
1.2 Vývoj ochranných prostředků dýchacích orgánů ve světě	15
1.3 Vývoj ochranných prostředků dýchacích orgánů v ČR	16
1.4 Současné ochranné prostředky dýchacích orgánů	17
2 TECHNICKÁ ANALÝZA	18
2.1 Hoření	18
2.2 Škodlivé produkty hoření	18
2.3 Izolované ochranné prostředky dýchacích cest	18
2.3.1 Autonomní dýchací přístroje s otevřeným okruhem	19
2.3.2 Autonomní dýchací přístroje s uzavřeným okruhem	19
2.4 Filtrační ochranné prostředky dýchacích cest	19
2.4.1 Principy filtrace	20
2.4.2 Filtry	20
2.4.3 Charakteristika vlastností filtru	21
3 DESIGNERSKÁ ANALÝZA	22
3.1 Moldex	22
3.2 3M	23
3.3 Avon Protection	24
3.4 Dräger	24
3.5 Gumárny Zubří	25
3.6 Koncepty respirátorů	25
4 VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU	26
4.1 Varianta I	26
4.2 Varianta II	27
4.3 Varianta III	28
4.4 Finální varianta	28
5 ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ	30
5.1 Ergonomie vnitřní masky	31
5.2 Zorník a zorné pole	32
6 TVAROVÉ (KOMPOZIČNÍ) ŘEŠENÍ	33
7 BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ	36
7.1 Kryt průzvučné membrány	37
7.2 Otvory v krytu filtru	37
7.3 Kryt výdechového ventilu	38
7.4 Sedlo výdechového ventilu vnitřní masky	38

8 KONSTRUKČNĚ-TECHNOLOGICKÉ ŘEŠENÍ	39
8.1 Charakteristika návrhu	39
8.2 Rozměrové řešení	40
8.3 Konstrukce a popis funkčních částí	40
8.4 Technické parametry návrhu	42
9 ROZBOR DALŠÍCH FUNKCÍ DESIGNERSKÉHO NÁVRHU	43
9.1 Psychologická funkce	43
9.2 Ekonomická funkce	43
9.3 Sociální funkce	44
ZÁVĚR	45
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	46
SEZNAM ZDROJŮ OBRÁZKŮ	48
SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ	50
SEZNAM PŘÍLOH	51
FOTOGRAFIE MODELU	52
ZMENŠENÝ POSTER (A4)	53

ÚVOD

Cílem bakalářské práce je vytvoření návrhu protipožárního respirátoru, vyhovujícího technologickým a funkčním požadavkům pro tento druh zařízení s důrazem na estetickou hodnotu, která je navzdory mnoha současným kvalitním výrobkům obdobného typu stále poměrně zanedbávána. Vedle estetických aspektů byl již u počátečních skic a konceptů kladen důraz na psychologické vnímání respirátorů, spolu se snahou o přidání inovativních funkčních prvků, které by ovšem v nejvyšší možné míře respektovaly stávající technické normy i přísné bezpečnostní požadavky, aby se výsledný návrh nestal pouze technicky nepodloženým konceptem.

1 1 HISTORICKÁ ANALÝZA

Ochranné (plynové) masky v pravém slova smyslu se objevují až v průběhu první světové války. Nicméně počátek vývoje ochranných prostředků dýchacích orgánů nelze přesně datovat. V ČR tyto zařízení označujeme jako ochranné masky nebo polomasky. Terminologie anglicky mluvících zemí je v oblasti respiračních zařízení mnohem komplikovanější. Nejobecněji jsou používány pojmy respirator, breathing apparatus (BA), self-contained breathing apparatus (SCBA), respiratory protective equipment (RPE) a respiratory protective device (RPD).

1.1 1.1 Předchůdci ochranných prostředků dýchacích orgánů

Ochranné respirační zařízení, neboli respirátor, patří k nejstarším způsobům ochrany dýchacích cest v případě krizových situací. V minulosti tyto ochranné prostředky sloužily zejména k ochraně proti ohni, kouři a souvisejícímu riziku udušení. Přesná doba vzniku prvních respirátorů není známa. Birkner a Colton (2011) uvádí, že není jisté, kdy přesně došlo k prvnímu použití primitivních forem respirační ochrany. Nicméně Plinius Starší (Gaius Plinius Secundus, římský filosof) zaznamenal první známé použití tohoto zařízení na začátku 1. stol. našeho letopočtu. Opravdový vývoj respirační ochranné techniky nastal až v polovině 19. století. V této době došlo k zásadním změnám funkčního principu, především díky vzniku partikulárního filtru, který zachycoval člověku škodlivé látky. Objevuje se také první systém zásobování vzduchem, v dnešní době hojně využívaný hasiči, záchranáři nebo armádou. Zásadní vliv pro budoucí vývoj ochranné filtrační techniky má objev adsorpčních vlastností aktivního uhlí vůči organickým výparům. Ke konci 19. stol. se začíná rozlišovat potřeba různých druhů respirační techniky podle chemické podstaty potenciálně nebezpečných látek.



Obr. 1 Respirátor Dräger z roku 1925



Obr. 2 Historický respirátor pro hasiče

1.2 Vývoj ochranných prostředků dýchacích orgánů ve světě

Na začátku 20. stol. jsou rozvíjeny nové funkční principy a možnosti respiračních zařízení. „Navzdory významným pokrokům ve vědě a technologii pokračoval vývoj respirátorů pomalu“ (Birkner, Colton, 2011, s. 1170). Nejdůležitější událostí, která dala podnět k aktivnímu výzkumu v této oblasti, byla první světová válka. Konkrétně nasazení bojového plynu *Dichlorethylthioetheru* Němci v bitvě u Ypres roku 1915. Tento plyn je často označován triviálním názvem Yperit. Nástup bojových plynů byl pro obě válčící strany impulsem k rozsáhlému zkoumání možné obrany lidských dýchacích cest proti tomuto druhu nebezpečí, což mělo později pozitivní důsledek ve vývoji široké škály filtrů a ochranných masek. Zajímavým modelem ochranné masky byl anglický Small Box Respirator vyrobený v roce 1915, který kopíroval konstrukci německé masky Linienmaske doplněné filtrem anglické výroby. Florus (2006) popisuje slídové zorníky, spojení dýchací hadic, užití Bunsenova vydechovacího ventilu a konstrukční prvek pro odtok slin mimo filtrační zařízení.



Obr. 3 Anglická maska Small Box Respirator

Zmiňované ochranné prostředky jsou předchůdci dnešních respirátorů. Ochranné masky (dříve plynové masky) sloužily k ochraně celého obličeje, včetně očí. Jejich primární funkcí je ochrana dýchacích cest před nebezpečnými látkami v ovzduší. Tyto látky mohou mít plynné, kapalné či pevné skupenství. Podle charakteru škodlivin se postupně vyvíjely příslušné druhy ochranných filtrů a konstrukcí zařízení. Postupně vznikaly ochranné masky, které nepotřebovaly externí zdroj vzduchu. Kyslík je získáván přímo ze zamořeného vzduchu díky filtraci, při které dochází k zachycení toxických látek, nebo k jejich přeměně na neškodlivé látky. V USA vedl výzkum respiračních ochranných zařízení *Bureau of Mines* (BOM), neboli Úřad Dolů, který úspěšně zkonstruoval jedny z prvních ochranných masek použitých během 1. světové války. „Špatné užívání nadbytku armádních plynových masek veřejností, která nebyla dostatečně informována kdy a jak respirátory použít, bylo impulsem k sestavení respiračních ochranných norem“ (Birkner, Colton, 2011, s. 1170). BOM v roce 1919 zavedl první respirační certifikační program a o rok později certifikoval svůj první respirátor s názvem *self contained breathing apparatus* (SCBA), tedy dýchací přístroj s externím zdrojem kyslíku. Tento druh je dnes jedním z nejčtenějších respirátorů používaných pro záchranu v krizových situacích nebo ochranu při práci. Respirátory typu SCBA jsou v ČR označovány

názvem Izolační dýchačí přístroje. Postupně vznikaly další organizace a úřady vytvářející potřebné normy a certifikační systém. Birkner a Colton (2011) uvádí, že mezi nejvýznamnější patří *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) a *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA). Snahy těchto institucí vedly k vytvoření bezpečnostních a konstrukčních kritérií, ze kterých později vyplynula potřeba odlišných provedení respirátorů, čímž vznikla velká škála druhů a typů dělicích se podle způsobu ochrany, závislosti na externím přívodu kyslíku atd.

1.3 Vývoj ochranných prostředků dýchacích orgánů v ČR

Jak bylo zmíněno výše, nasazení bojových plynů u Ypres bylo hlavní příčinou vývoje prvních ochranných (plynových) masek u obou zúčastněných stran. V českých zemích, které byly v té době součástí Rakouska-Uherska, ovšem k výraznějšímu výzkumu v této oblasti nedošlo a vlastní produkce ochranných masek začala až v dobách první republiky, přestože disponovala jistým počtem ochranných dýchacích přístrojů ukořistěných koncem války. Impulsem pro vývoj tuzemských ochranných masek byla především vyhrocená politická situace Výmarské republiky v kombinaci se značným výrobním potenciálem bojových plynů na území Německa. Možné ohrožení zapříčinilo budování československé protichemické ochrany. V roce 1921 vznikla první instituce řešící problematiku výroby pod názvem *Ústav pro plynovou službu* působící v Olomouci. Tento ústav se snažil zajistit, aby průmyslová výroba na území státu byla schopná pokrýt celý proces výroby. Jak zdůrazňuje Florus (2006), konstrukcí první masky vzor 23 byly pověřeny různé podniky v soukromém sektoru, jako firma Horák Praha Strašnice a Bratři Malotové Zlín. Počáteční nezáměr místních výrobců o armádní zakázky tohoto typu spolu s nízkou úrovní technických znalostí a zkušeností byl překonán až o řadu let později. Silící obavy z německé agrese vedly v polovině 40. let k větším snahám o modernizaci armádního i civilního ochranného zařízení dýchacích cest.



Obr. 4 České masky vzor CM-4

V rámci výzkumu proběhla řada jednání se zahraničními výrobci a následné schválení vzoru anglických masek typu *Leyland* jako podklad pro následující model československé ochranné masky vzor 35. Výrobu filtrů řešili firmy Eckhard Praha, Techna spol. Praha a Chema spol. Olomouc. Konstrukční provedení lícnice

zajišťovaly podniky Fatra a spol. Napajedla, Optimit, Košař a spol. Praha a především Gumárny Zubří, které se postupně staly nejvýznamnějším výrobcem ochranných masek pro československou armádu. Zbrojovka v Zubří založena v roce 1935 měla největší podíl na konstrukci lícnicových částí nově vyvíjených respiračních zařízení. Statut zbrojovky si Gumárny Zubří uchovaly do dnešního dne. Během německé okupace dodávaly ochranné masky pro vojska Wehrmachtu vyráběné podle německého vzoru GM 30 a později GM 38. Inventář armádních ochranných zařízení dýchacích cest byl po druhé světové válce velice nesourodý, zejména protože čeští vojáci přinesli typ výbavy běžný pro spojeneckou armádu, u které sloužili. „*Jednotky 1. samostatného praporu, brigády i sboru byly vybaveny sovětskou ochrannou maskou typu Šlem. Vojáci sloužící v britské armádě používali britské masky typu Leyland a vojáci sloužící ve francouzské armádě pak měli běžné masky ANP 31*“ (Florus, 2006, s. 10). Situace po ukončení války se podobala stavu rané první republiky. Ukořistěné zahraniční masky byly značeny podle svého původu, např. písmeno N odpovídalo německým, R ruským a B britským ochranným maskám. K výraznému rozvoji ve výrobě vlastních ochranných dýchacích zařízení přispěla studená válka, v jejímž průběhu začala tehdy již státní zbrojovka Zubří poprvé dodávat masky navržené pro veřejnost. Jedním z nejdéle používaných modelů byla maska M-10, která kopírovala princip americké masky M-17. Vzhledem k napjatým vztahům mezi východním a západním blokem nebyla na tuto masku získána oficiální licence, proto bylo technologické řešení výsledkem práce českých odborníků. Modifikovaná verze této masky je dodnes součástí výbavy armády ČR, přestože byla nedávno nahrazena novějším modelem OM-90, rovněž vyrobeným podnikem Gumárny Zubří, který zpracovával prakticky všechny nové vzory ochranných masek od konce druhé světové války. Zbrojovka v Zubří dodnes funguje jako jediný český výrobce armádních i civilních ochranných dýchacích přístrojů.

1.4 Současné ochranné prostředky dýchacích orgánů

1.4

Po zániku sovětského bloku a propojení evropského trhu se silící globalizační tendencí je dnes k dispozici široká škála modelů a provedení ochranných respiračních zařízení od mnoha evropských, amerických i asijských výrobců. Produkce respirátorů se zaměřuje především na průmyslová odvětví a záchrannou činnost v kontrastu s dřívějším převažujícím armádním využitím. V důsledku zaměření výrobců na civilní sféru a rostoucí potřebou specializace těchto zařízení vyplývá nutnost řešit estetickou stránku nových modelů, oproti dřívějšímu ryze technickému přístupu. Současné ochranné prostředky dýchacích orgánů spadají do kategorie tzv. 4. generace, která podle Floruse (2006) nastavuje nové požadavky pro masky 5. generace. Mezi hlavní světové výrobce distribuující zboží i na území České republiky patří americké společnosti 3M, Scott Safety, Moldex, Sperian Fire – Honeywell, britská společnost Avon Protection a německá firma Dräger. Jediným tuzemským výrobcem je akciová společnost Gumárny Zubří, která si nadále ponechává status zbrojovky zabývající se vývojem ochranných masek pro armádu i civilní sektor [3]. Ochranné prostředky dýchacích orgánů se již od konce první světové války rozdělovaly na filtrační a izolační. Konstrukční provedení výrobků obou kategorií se postupnou specializací rozlišuje na stále rostoucí počet samostatných podskupin podléhajících zvláštním normám. Detailní specifikace jednotlivých typů překračuje rozsah této práce, proto jsou uvedeny jen základní schémata dělení současných dýchacích přístrojů.

2 2 TECHNICKÁ ANALÝZA

Hořením vznikají nebezpečné látky ohrožující lidský organismus především dýchací cesty, které je nezbytné chránit vhodným ochranným zařízením. K tomuto účelu se používá filtrace znečištěného vzduchu, popřípadě izolace dýchacích cest a z toho plynoucí náhradní dodávání zásoby kyslíku, nebo dýchatelné směsi. Florus (2009) uvádí 15 kategorií izolačních dýchacích přístrojů a dalších 8 typů filtračních dýchacích přístrojů specifických funkčním provedením.

2.1 2.1 Hoření

Hoření je častou příčinou vzniku škodlivin, vůči kterým je žádoucí použít ochranu dýchacích cest. „*Hořením nazýváme oxidační chemickou reakci provázenou světelným a tepelným zářením a uvolňováním tepla. Ve většině případů jsou tyto reakce spojeny s existencí plamene.*“ (Dvořák, Melkeš, 1997, s. 107). Při pomalém průběhu bez přítomnosti plamene tuto reakci označujeme jako doutnání. Hasičský záchranný sbor České republiky [7] ve svém konspektu rozlišuje dokonalé hoření, při kterém nedochází k vzniku hořlavých zplodin a nedokonalé hoření, během kterého vedle tvorby oxidu uhličitého vznikají další potencionálně hořlavé produkty. Nebezpečným následkem hoření je také možný pokles kyslíku pod kritickou hranici potřebnou pro lidské životní funkce. Nejefektivnějším prostředkem ochrany proti poklesu kyslíku jsou Izolační dýchací přístroje, které k plnění své funkce nevyužívají okolní ovzduší.

2.2 2.2 Škodlivé produkty hoření

Hoření je častou příčinou vzniku škodlivin, vůči kterým je žádoucí použít ochranu. Kouř je častý doprovodný jev hoření zahrnující obrovské množství škodlivých látek podle povahy spalovaného materiálu. Podle konspektu hasičského záchranného sboru ČR [8] kouř obvykle obsahuje částice dehtu, uhlíku, prachu a hořlavých plynů. Nejčastější příčinou úmrtí je působení oxidu uhelnatého – CO, který vytlačuje kyslík vázaný na hemoglobin a jeho působení vrcholí stavem bezvědomí. Vniku CO, popřípadě jiných škodlivých částic do organismu lze zabránit užitím Filtračních dýchacích přístrojů které: „*odstraňují nežádoucí látky z okolního ovzduší jejich záchytem ve filtru*“ (Florus, 2009, s. 7). Ochrana filrací je ovšem nedostačující při vytlačení kyslíku oxidem uhličitým – CO₂, přestože není ve své podstatě toxický.

2.3 2.3 Izolované ochranné prostředky dýchacích cest

Izolované dýchací přístroje naprosto separují dýchání nositele od okolního vzduchu, čímž poskytují komplexní ochranu proti jedovatým látkám i poklesu kyslíku pod kritickou hranici. Hlavní nevýhodou tohoto řešení je konstrukční náročnost vedoucí k odpovídajícímu růstu nákladů na výrobu a závislost na omezené zásobě kyslíku, nebo jiné dýchatelné směsi. Izolované dýchací přístroje lze podle základního principu rozdělit na neautonomní, nejčastěji hadicové a autonomní, s otevřeným, nebo uzavřeným okruhem. Birkner a Colton (2011) zavádějí dělení podle druhu vzduchu stlačeného, popřípadě nekonzervovaného. Dále jsou rozvedeny jen autonomní přístroje pro jejich větší význam a výrobní zastoupení.

2.3.1 Autonomní dýchací přístroje s otevřeným okruhem

2.3.1

Tento druh dýchacích přístrojů má přenosný zásobník naplněný stlačeným vzduchem. Sýkora (2008) předkládá řešení zásobníku formou tlakové lahve poskytující potřebný vzduch přes redukční ventil s plicní automatikou, nebo formou plicní automatiky obsažené v lícnici. Podstata otevřeného okruhu spočívá ve vydechování spotřebovaného vzduchu skrz vydechovací ventil.

2.3.2 Autonomní dýchací přístroje s uzavřeným okruhem

2.3.2

Na rozdíl od otevřeného okruhu je vydechovaný vzduch znovu využíván pomocí recirkulačního okruhu s dýchacím vakem. Podle Dvořáka a Melkeše (1997) je propojení opatřeno směrovými ventily spojujícími přípojku hadicemi. Vydechovaný vzduch je v pohlcovači recyklován a připraven k novému vdechování. Typickým příkladem Autonomního dýchacího přístroje s uzavřeným okruhem je kyslíkový přístroj.

Tab 1. Normované značení filtrů

Účinky dle návodu výrobce

Typ	Třída	Barevný kód	Účinek
A	1, 2 nebo 3	Hnědý	Plyny a páry organických látek s bodem varu > 65 °C
B	1, 2 nebo 3	Šedý	Anorganické plyny a páry
E	1, 2 nebo 3	Žlutý	Oxid siřičitý a kyselé plyny
K	1, 2 nebo 3	Zelený	Amoniak a organické aminy
AX		Hnědý	Plyny a páry organických látek s bodem varu ≤ 65 °C
SX		Fialový	Speciálně vyjmenované plyny a páry
P	1, 2 nebo 3	Bílý	Pevné a kapalné částice, nebo jejich kombinace
NO-P3		Modro-bílý	Nitrózní plyny
Hg-P3		Červeno-bílý	Rtuť

2.4 Filtrační ochranné prostředky dýchacích cest

2.4

Filtrační ochranné prostředky používají ke své funkci okolní atmosféru bez užívání vlastní zásoby kyslíku. Florus (2009) uvádí, že principem je odstraňování nežádoucích látek, které jsou zachycovány ve filtru. McCullough (2006) definuje tento druh zařízení jako filtrační respirátory, které snižují kontaminaci vzduchu na přípustnou hranici pomocí čistících filtrů. Ochranné prostředky využívající filtrace lze také rozdělit podle techniky proudění vzduchu na přístroje využívající pouze kapacitu plic uživatele a přístroje s poháněným, neboli nuceným přívodem vzduchu. Proudění vzduchu je v druhém případě vynuceno pumpičkou zabudovanou v lícnici. Dvořák a Melkeš (1997) předkládají základní podmínky užívání filtračních ochranných prostředků. Především podmínku koncentrace kyslíku v ovzduší dosahující minimálně 17% (normálně 20,9%), přesnou znalost škodlivých látek pro.

Nespornou výhodou proti izolačním dýchacím prostředkům představuje delší doba funkčnosti zařízení, která závisí především na užitém filtru a charakteru toxické látky, proti které uživatele chrání.

2.4.1 2.4.1 Principy filtrace

Filtrace se zakládá především na sorpčních jevech, které jsou určeny schopností zachycování určitých druhů látek jinými látkami. Sorpční proces může probíhat různými způsoby, dělicími se podle principu zachycování, nebo pohlcování škodlivin sorbenty – materiály umožňujícími sorpční proces. Zneškodňované látky se označují jako sorbované. Dvořák a Melkeš (1997) uvádějí následující sorpční procesy:

Absorpce je děj, při kterém se v kapalině rozpouští plyn, který se rozptyluje v kapalném prostředí. Na tomto principu zachycuje adsorpční vrstva filtru kouřové částice.

Adsorpce je proces, během kterého zůstává molekula škodliviny nezměněna, pouze se váže na filtrační vrstvu aktivního uhlí, přičemž teplota nesmí překročit kritickou hranici, po které dojde k uvolnění zachycených látek.

Chemisorpce spočívá v zábraně průniku škodliviny díky působení reaktantu, neboli chemisorbentu.

2.4.2 2.4.2 Filtry

Filtr je z funkčního hlediska nejdůležitější částí filtračních dýchacích přístrojů. Dvořák a Melkeš (1997, s. 254) definují filtr jako: „*Konstrukční prvek ochranné masky sloužící k zachycování škodlivin z vdechovaného vzduchu*“. Filtr, obvykle umístěný uvnitř pouzdra, se skládá ze sorpční náplně a filtrační vložky, které mohou být integrovány jako jedna část. Sýkora (2008) rozlišuje ochranu proti částicím, plynům a kombinovanou filtraci. U filtrů proti částicím se vzduch po zachycení škodlivých částic přesunuje do oblasti lícnice. Konstrukční a funkční provedení těchto filtrů popisuje norma ČSN EN 143. Spojení mezi filtrem a línicí může být závitové i trvalé, ale musí dodržovat podmínky těsnění a pevnosti. Funkce protiplynových a kombinovaných filtrů se zakládá na odstraňování plynů a částic před vpuštěním do lícnicové části. Většina druhů filtrů má rotační tvar, na horní straně se nachází výstupní otvor s upevňovacím mechanismem a v dolní části je vstupní otvor. Dvořák a Melkeš (1997) rozlišují mezi malým a velkým ochranným filtrem. Tento způsob dělení je relevantní především pro ochranné filtrační masky používané armádou, které také dosahují největší sorpční variability a kvality. Jedná se o krabicové filtry, které nemají velký význam u výrobků chránících dýchací orgány civilního obyvatelstva. Ochranné masky k evakuačnímu použití užívají lícnicových filtrů integrovaných přímo v konstrukci lícnice.

2.4.3 Charakteristika vlastností filtru

Pro účinnost, schopnost plnění funkce a lepší přehlednost při volbě daného typu filtru jsou vymezeny základní charakteristiky, které by měl filtr splňovat. Nejdůležitější vlastnosti jsou průnik filtrem, účinnost filtrace a dynamická sorpční kapacita.

Průnik filtrem P_f (koeficient průniku aerosolů filtrem $K_{p,f}$) je určen koncentrací pronikajících aerosolů c_2 vůči koncentraci v atmosféře c_1 (Florus, 2010).

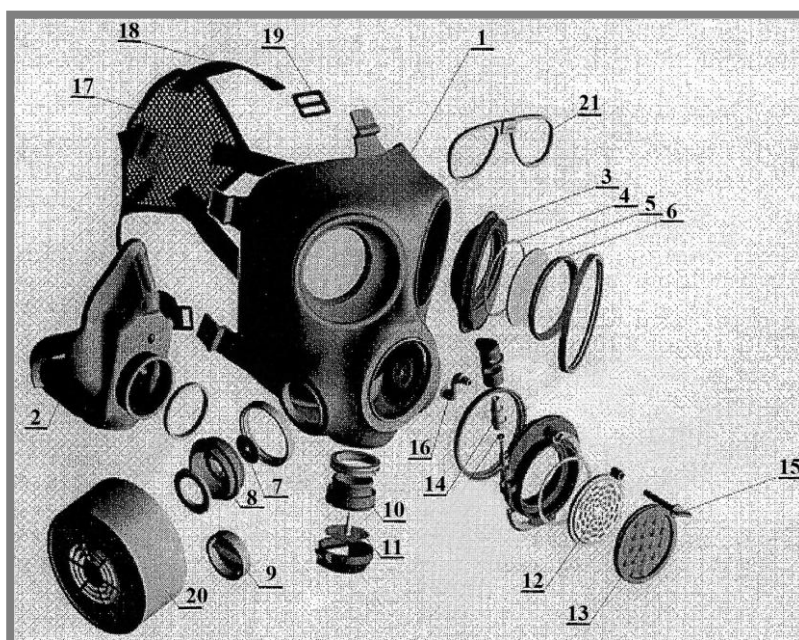
$$P_f = K_{p,f} = \frac{c_2}{c_1} \cdot 100, \quad [\%]$$

Florus (2010) definuje účinnost filtrace η_f jako podíl zachyceného aerosolu z koncentrace v okolním ovzduší.

$$\eta_f = \frac{c_1 - c_2}{c_1} \cdot 100, \quad [\%]$$

Dvořák a Melkeš (1997) popisují Dynamickou sorpční kapacitu (DSK) jako hmotnost škodlivých látek zachycených sorbentem filtru. Matematicky se počítá jako součin koncentrace okolních škodlivin c , průtoku filtrem Q a dobou ochranného působení τ .

$$DSK = c \cdot Q \cdot \tau, \quad [\%]$$



Obr. 5 Popis obličejové masky OM-90

1 – lícnice; 2 – vnitřní maska; 3 – těleso zorníku; 4 – pryžové těsnění; 5 – zorníkové sklo; 6 – vnitřní kroužek zorníku; 7 – vdechovací ventil; 8 – těleso přípojky; 9 – zátka přípojky; 10 – těleso vydechovací ventilové komory; 11 – vydechovací ventil; 12 – přízvučná membrána; 13 – kryt přízvučné membrány; 14 – krytka sacího ventilu; 15 – otočný kohout; 16 – náustek; 17 – týlní destička; 18 – upínací páska; 19 – přezka; 20 – ochranný filtr; 21 – brýlová vložka

3 3 DESIGNERSKÁ ANALÝZA

Ochranné prostředky dýchacích orgánů podléhají dlouholetému vývoji, od prvních relativně jednoduchých zařízení určených k ochraně proti bojovým plynům, až po moderní masky 4. generace. Navzdory staré tradici tato zařízení donedávna unikala pozornosti designerů. Vzhledem k dřívějšímu užívání masek vyhrazených především pro armádu určovalo vzhled a charakter výrobku výhradně technické řešení, což mělo za následek těžkopádnou neestetickou, mnohdy až děsivou vizáž. Armádní ochranné masky se staly symbolem války, lidské agrese a dekadence, čehož s oblibou stále využívá řada umělců a autorů žánru science fiction. Není vyloučeno, že respirátory navržené jako součást výbavy vojáka mnohdy záměrně upřednostňovaly tvarování vyvolávající zastrašující efekt. Jako ilustrativní příklad lze použít sovětskou masku pro specialisty ŠMS. Zaměření výrobců tohoto druhu ochranného zařízení na civilní sektor ukázalo nutnost adekvátního řešení estetické stránky designu ochranných masek. Respirační zařízení u většiny uživatelů evokují nepříjemný pocit ohrožení života, proto by měl jejich design působit elegantně, spolehlivě a bezpečně. Navzdory úspěšné snaze řady návrhářů ochranné masky stále nejsou klasickým příkladem designového objektu. Z důvodu existence velkého počtu druhů a kategorií ochranných dýchacích přístrojů jsou dále uvedeny pouze aktuální příklady designu izolačních a filtračních respirátorů chránících celý obličej, jelikož předmětem této bakalářské práce je design ochranné masky používané v případě požáru.



Obr. 6 Moldex 9000

3.1 3.1 Moldex

Americká firma Moldex sídlící ve městě Culver City stát Kalifornie patří k předním výrobcům respirátorů používaných především v průmyslovém odvětví [12]. Tato společnost provozuje výrobní střediska v Americe i Evropě a své výrobky distribuuje do více než padesáti zemí. Jedním z nejnovějších vzorů ochranné celoobličejové masky je model 9000 spadající do kategorie filtračních dýchacích přístrojů, který je možné použít při práci v rafinériích, dolech a podobných průmyslových zařízeních. Tvarování výrobku uplatňuje integrační přístup spolu se zřejmou snahou o maximální jednoduchost. Válcovitý tvar filtrů je výhodný z hlediska výrobních nákladů a skladování, nicméně těžkopádné napojení na lícnici vyvolává dojem tvarové nesourodosti. Také příliš agresivní řešení barevného označení typu filtru narušuje charakter masky. Firma Moldex upřednostňuje barevné provedení, naproti

tradiční černé. Použitý odstín modré působí příjemným, neagresivním a uklidňujícím dojmem, což je vzhledem k funkci ochranných masek velmi žádoucí. Model 9000 neobsahuje kovové části, kvůli splnění požadavku maximální lehkosti a nabízí uživateli rozšířené zorné pole. Elegantní působení designu masky snižuje nízká estetická kvalita materiálu lícnice. Design respirátoru 9000 sice nedosahuje elegance některých současných modelů, naproti tomu působí příjemně díky měkkému charakteru tvarování a barevnému provedení.



Obr. 7 3M 7800

3.2 3M

Společnost 3M založená v Minnesotě USA má více než staletou tradici ve výrobě různých technických zařízení včetně ochranných dýchacích prostředků různých typů [13]. Jedním z nejnovějších modelů celoobličejových respirátorů je model 7800 umožňující využití filtrů, popřípadě zapojení k nádobě obsahující kyslík. Jedná se tedy o kombinaci filtračního a izolačního zařízení, používanou u výrobců nové generace, která umožňuje dostatečnou ochranu také pro hasiče a záchranáře. Design masky 7800 je postaven na integračním přístupu tvarování s převládajícím organickým charakterem. Vzhled tohoto modelu se více vzdaluje tradičnímu pojetí, proto působí svěžím a inovativním dojmem. Výrobek využívá černou barvu, tradiční u mnoha výrobců tohoto druhu ochranných zařízení, doplněnou oranžovými místy. Zorníková část je viditelně tvarově oddělena od lícnice, na rozdíl od většiny nových modelů, které se snaží tyto díly co nejvíce vizuálně propojit. Respirátor je vybaven efektivně a esteticky řešeným upínacím systémem. Design ochranné masky 3M 7800 působí velice elegantním a neotřelým dojmem. Měkké tvarování sice na pohled nezneklidňuje, avšak převládající černá barevnost vyvolává chladný a přísný pocit, který není příliš vhodný u ochranných zařízení používaných ve vypjatých situacích.



Obr. 8 Avon Protection Viking Z Seven



Obr. 9 Dräger FPS 7000

3.3

3.3 Avon Protection

Britská společnost Avon Protection vzniklá v roce 1875 se mimo jiného podílí na výrobě ochranných masek od prvního případu použití bojového plynu během první světové války [14]. Tato firma nabízí specializovaný sortiment respirátorů pro armádu, policii, průmysl a hasiče. Nejnovějším modelem hasičského izolačního dýchacího zařízení s otevřeným okruhem od Avon Protection je vzor Viking Z Seven, který je prodáván jako ucelená souprava obsahující také tlakovou láhev na kyslík. Tvarová kompozice obličejové masky vychází z konzervativnějšího tvarování, které zcela vyhovuje dané funkci a působí navzdory jednoduchosti moderním dojmem. Maximalizace plochy zorníku nijak nepřispívá k většímu rozhledu uživatele a opticky odděluje střední část lícnice, čímž narušuje tektoniku objektu. Provedení vzduchového přepínače vyhovuje ergonomickým nárokům, ale ve srovnání s celkovým charakterem masky vyvolává pocit tvarové nesourodosti.

3.4

3.4 Dräger

Německá společnost Dräger byla založena stejnojmenným obchodníkem ve městě Lübeck 1. ledna roku 1889 [15]. Od roku 1904 začíná dodávat dýchací zařízení určená k ochraně horníků, která byla použita např. francouzskými záchranáři po zavalení uhelného dolu poblíž města Courrières. Jedním z nejnovějších vzorů izolačních respirátorů je ochranná maska FPS 7000 určená pro hasiče, mimo jiné díky patentovanému připojení k hasičské přilbě Dräger HPS 6200. Kompozice ochranné masky vychází ze spojení geometricky tvarovaného zorníku s organicky laděnou lícnicí. Otvor sloužící k připojení dýchací hadice může u samostatné masky působit příliš agresivně, ale tento dojem je díky měkkému tvarování připojky k přístroji eliminován. Model Dräger FPS 7000 se díky svému designu a konstrukci řadí mezi nejpovedenější moderní respirátory.



Obr. 10 Gumárny Zubří CM-6

3.5 Gumárny Zubří

Akciová společnost Gumárny Zubří se statutem zbrojovky se dodnes zabývá výrobou ochranných masek pro armádu i civilní sektor. Nejnovějším vzorem ochranného zařízení proti NBC hrozbám je ochranná maska CM-6, která se skládá z lícnice vyrobené z pryže na bázi BIIR a polykarbonátového zorníku [3]. Modifikovaný vzor masky je doplněn zařízením umožňujícím příjem tekutin. Tvar zorníku má ryze geometrický tvar, nenásilně spojený s mírně organicky tvarovanou lícnicí. Jednoduchý výraz designu působí elegantním a solidním dojmem, zvýrazněným černou monochromií tradiční pro tento podnik. Ponurá barevnost ochranné masky může ovšem u některých uživatelů vyvolat negativní emoce. Model CM-6 se svojí estetickou kvalitou řadí k nejvyspělejším světovým ochranným maskám.

3.5



Obr. 11 respirátor 3M Versaflo



Obr. 12 Studentský design respirátoru



Obr. 13 Koncept respirátoru

3.6 Koncepty respirátorů

Během posledního desetiletí vznikla řada konceptuálních návrhů, jak studentských, tak profesionálních, což dokazuje zvýšený zájem designerů o ochranné dýchací přístroje. Mezi nejzdařilejší návrhy patří respirátor 3M Versaflo, který mimo jiné získal 3. místo v soutěži *International Design Excellence Awards* [16]. Mezi oceněné studentské designy také patří ochranná polomaska navržená studentem Pengtao Yu, bohužel vykazující očividné funkční nedostatky, především kvůli malé velikosti vzduchové nádržky, která by zřejmě nedodávala kyslík více než několik minut.

3.6

4 4 VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU

Design respirátoru může být založen na mnoha technických a funkčních principech, především dle normovaných kategorií vytvořených podle situace, pro kterou je vhodné daný typ ochranného zařízení použít. Jako nejvhodnější druh respiračního ochranného přístroje byla zvolena maska chránící celý obličej, jelikož tématem této bakalářské práce je design respirátoru používaného v případě požáru, u kterého je žádoucí chránit také oči uživatele. Na základě informací v odborné literatuře bylo zvažováno mezi použitím principu filtračního, nebo izolačního dýchacího přístroje. Florus (2009) uvádí, že filtrační zařízení neposkytují ochranu pro případ poklesu kyslíku pod 17% objemu, přesto existují sebezáchranné dýchací přístroje specializované na ochranu před škodlivými produkty hoření, které jsou vhodné zejména pro rychlý únik z kontaminovaného místa. Izolační ochranná zařízení sice nejsou limitována množstvím kyslíku v ovzduší, nicméně nejsou schopna plnit funkci po vyčerpání zásoby dýchatelného vzduchu. Z tohoto důvodu využívá popisovaný design kombinaci obou výše uvedených principů, které vzájemně vyvažují své funkční nedostatky a společně poskytují spolehlivou ochranu. Navzdory zvýšené pozornosti výrobců v oblasti designu nejnovějších vzorů ochranných masek tato zařízení působí stále poněkud chladným a hrubým dojmem, proto mezi hlavní cíle tohoto návrhu patří zjemnění výrazu designu a zvýšení estetické hodnoty v souladu s potřebami uživatele i přísnými bezpečnostními požadavky. Výsledný návrh by měl působit bezpečným, solidním a zároveň příjemným dojmem, kvůli všeobecnému negativnímu vnímání ochranných dýchacích přístrojů veřejností.

4.1 4.1 Varianta I

První skici a koncepce vycházely především ze snahy o propojení rámu zorníku s lícnicí, jelikož tyto části jsou u řady nejnovějších modelů stále opticky odděleny, což způsobuje nejednotné vyznění charakteru takto řešených masek. Tvar vychází především z organického tvarování lidské hlavy, konkrétně obličejové části, se snahou o integraci geometrických válcových filtrů. První varianty designu jsou ovlivněny použitím šroubovatelných rotačních filtrů, jejichž tvar je vhodný z hlediska skladování a nízkých výrobních nákladů. Navzdory funkční výhodnosti působí takto řešené návrhy značnou tvarovou nesourodostí, což bylo impulsem pro přiklonění k více organickému pojetí tvaru filtrů následujících variant. Motiv obrysových linií vycházejících z hran rámu zorníku, které se spojují ve spodní části lícnice a opisují kruhový tvar přípojky k zásobě vzduchu, podtrhuje charakter uceleného objektu a zároveň podporuje konstrukci ochranné masky. Zjevným negativem této varianty je mírná přetvarovanost, spolu s místy nepříjemným vyzněním proporcí a nedostatečným optickým propojením filtrů s lícnicovou částí.



Obr. 14 Varianta I, skica



Obr. 15 Varianta I, vizualizace

4.2 Varianta II

Tvar lícnice druhého návrhu je více geometrický, naproti tomu filtry nedodržující rotační tvar více opticky splývají se zbylými částmi respirátoru. První variantní návrhy se zaměřují především na tvarové zpracování lícnice se zorníkem, proto jsou filtry, výdechový ventil i jiné funkční části u skic a koncepčních vizualizací pouze naznačeny bez podrobnějšího designérského řešení. U druhé varianty je patrné větší přilnutí masky k modelu hlavy, který je získán metodou 3D skenování, díky čemuž poskytuje ergonomickou výpovědní hodnotu již u prvních vizualizací. Model, získaný jako freewarový vzorek z internetové stránky TEN 24, představuje reálnou lidskou hlavu v měřítku 1:1, převedenou do různých 3D formátů přes software Artec M scanner, s upravenou topologií v programech Lightwave 3D a Zbrush [17]. Koncepce modelu vychází z motivu nenápadných linií, které jsou určeny konstrukčními prvky jako rám zorníku, filtry a umístění přípojky k tlakové láhvi.

4.2



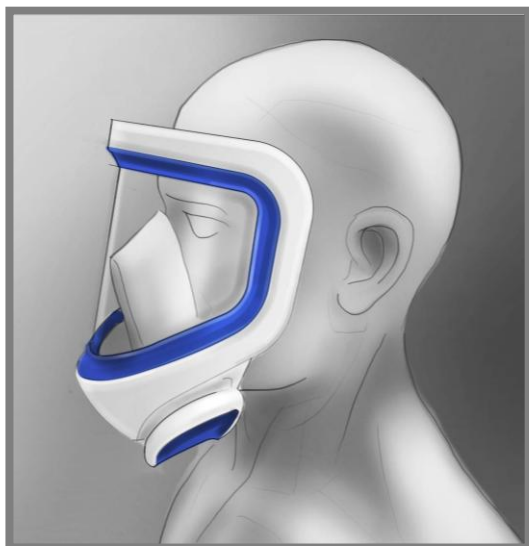
Obr. 16 Varianta II, skica



Obr. 17 Varianta II, vizualizace

4.3 4.3 Varianta III

Navzdory pozitivním inovacím druhé varianty zůstávají kompoziční nedostatky, týkající se propojení filtrů a přílišné segmentace lícnice. Z těchto důvodů využívá další variantní řešení větší tvarové jednoduchosti a čistoty, při lapidárnějším vyznění objektu díky více sladěným proporcím. Právě jednoduchost tohoto návrhu může na první pohled působit pocitem přílišné tvarové střídmosti, která by musela být kompenzována vhodným umístěním a designovým řešením dalších nezbytných funkčních prvků ochranné masky. Způsob připojení integračně tvarovaných filtrů vyžaduje opět větší plynulost v místech propojení s lícnicí. Na objektu je možné pozorovat snahu designu o optický soulad objektu, daný téměř úplným splnutím rámu zorníku se zbylými částmi ochranné masky. Filtry umístěné po stranách lícnice sice nijak výrazněji neomezují pohyb hlavy uživatele, nicméně nelze vyloučit, že i přes svoji doplňkovou ochrannou funkci bude nutné zvětšit celkové rozměry této části masky na úkor velikosti výdechových ventilů a průzvučné membrány. Mezi nejdůležitější prvky ochranné masky patří rovněž upínací systém, který se konstrukčně přibližuje běžně používaným systémům již existujících respirátorů, které jsou sestaveny na základě komplexních měření zaručujících adekvátní přilnutí k hlavě uživatele.



Obr. 18 Varianta III, skica



Obr. 19 Varianta III, vizualizace

4.4 4.4 Finální varianta

Z počátku bylo snahou finální varianty jistým způsobem skloubit dobré prvky předcházejících konceptů. Nicméně tento přístup narazil na značné problémy, jelikož jednotlivé prvky nevyhovovali tektonice objektu a návrh tak působil příliš nepůvodním, až slepeným dojmem. Z těchto důvodů byla další snaha zaměřena na vytvoření zcela nové varianty. Výsledný design přesto do jisté míry vychází z třetího konceptu, od kterého se ovšem značně odlišuje svým charakterem i aplikovaným tvarováním, narušujícím přísnou tvarovou čistotu předchozího objektu, díky vnesení nových prvků, za účelem lapidárnějšího vyznění celého produktu. Hladký průběh spodní linie, oddělující zorník od lícnice, byl narušen mírným zlomem, což napomohlo čistějšímu propojení kruhového otvoru pro přípojku k zásobě kyslíku, kterou obrysové linie lícnice nyní příjemně opisují. Výsledný návrh dává naproti

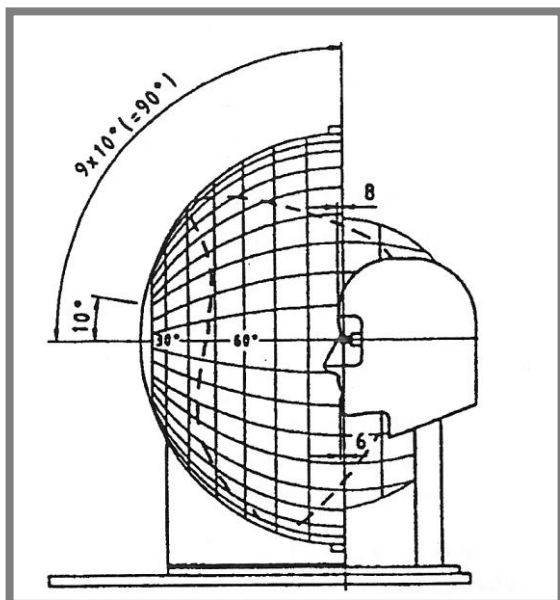
předchozí variantě větší prostor pro filtry, díky posunutí napojení ke koncové hraně lícnice, čímž dosahuje větší tvarové čistoty a rozšíření funkční plochy filtrů. Pozitivně se také projevila snaha o plynulejší přechod mezi lícnicí a filtry, díky kterému působí respirační ochranná maska mnohem ucelenějším dojmem. Tvar samotných filtrů byl rovněž značně zjednodušen, při zachování více organického tvarování naproti většině současně dostupných ochranných masek. Design přípojky k zásobě kyslíku využívá jednoduššího tvarování, při snaze o zachování čistého vyznění objektu a dostatečného sladění se zbytkem celého zařízení. Upínací mechanismus i vnitřní maska využívají tradičních principů, jelikož technologické postupy pro výrobu a ergonomickou správnost podléhají řadě náročných testů a měření. Z hlediska uživatele představuje finální návrh řadu vylepšení, při využití současných ověřených technologií. Inovativní charakter designu tedy spočívá hlavně v zjemnění tohoto druhu zařízení, který má v dnešní době stále příliš hrubý výraz a může tak vyvolávat negativní pocity ve svém potenciálním uživateli. Zásadní přidanou funkční hodnotu představuje integrace filtračního a izolačního principu, které se vzájemně vhodně doplňují, čímž zaručují větší bezpečnost a spolehlivost respirátoru. Obsahem výsledného designu je především snaha o vyřešení problému ochrany dýchacích orgánů v nebezpečných situacích spolu s vložením přidané estetické hodnoty a dosažením moderního nadčasového vyznění ochranné masky.



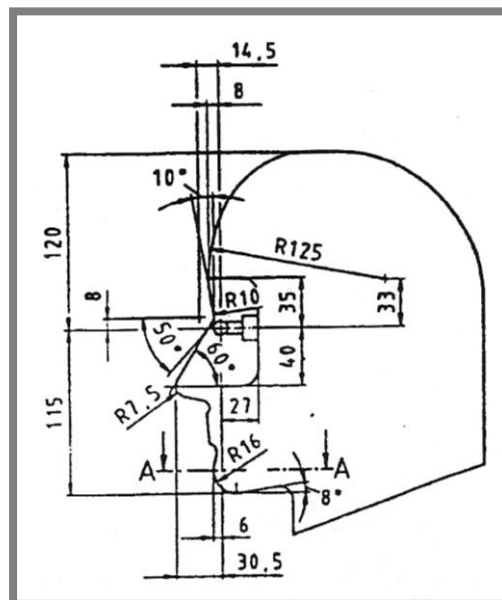
Obr. 20 Finální varianta

5. ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ

Tvarování ochranné masky vychází z proporcí lidské hlavy, především z obličejové části, jelikož k ní musí respirátor dokonale přilnout, aby nedocházelo k podsávání a tím k zásadnímu narušení ochranné funkce. Návrh masky by sice měl zajišťovat dostatečné těsnění pro různé velikosti obličeje nositele, nicméně v praxi nelze takového stavu zcela dosáhnout. Rozměry lidské hlavy se mohou velice lišit, především podle různých geografických oblastí, pohlaví jedince nebo případné nadváhy. Z tohoto důvodu nabízí většina výrobců ochranné masky v různých třídách velikosti, dostatečně pokrývajících antropometrické rozdíly. Pro volbu vhodné velikosti masky je tedy nutno vytyčit stupnici, podle které se určí do jaké kategorie potenciální uživatel spadá. Tato kategorie se nejčastěji stanovuje na základě měření byzigomatické šířky a morfologické výšky obličeje tzv. faciometrem. Popisovaný návrh protipožárního respirátoru reprezentuje střední velikostní skupinu, jelikož byl vypracován na základě modelu lidské hlavy, získaného 3D skenováním, který se rozměrově blíží 50% velikosti, což bylo ověřeno na základě antropometrické statistiky autorů Lorka a Jamrichové (1998).



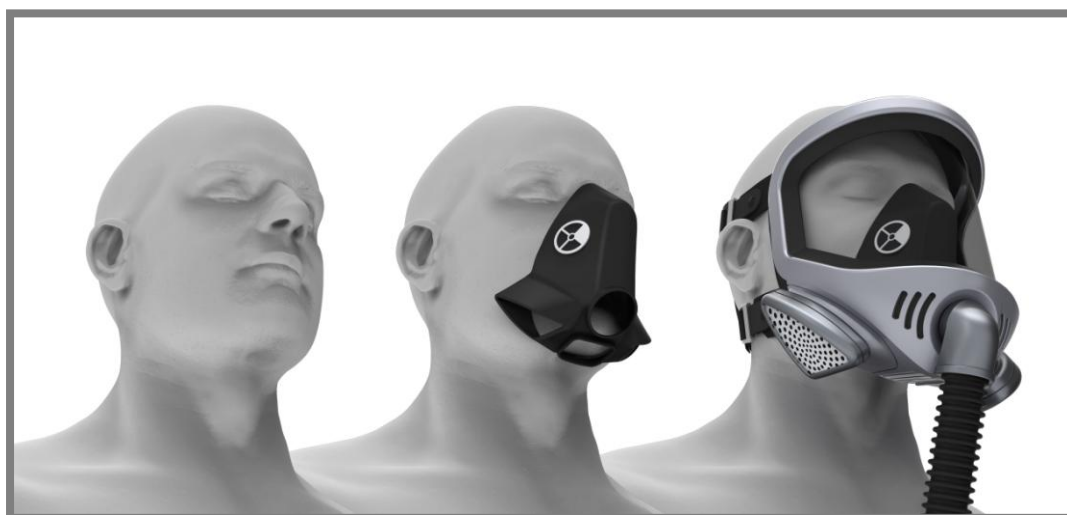
Obr. 21 Zorné pole ochranné masky



Obr. 22 Rozměry obličejové části lidské hlavy

Ergonomické řešení masky rovněž zohledňuje pohyblivost uživatele a umožňuje běžný pohyb bez větších omezení. Velice významným faktorem respirátoru je také hmotnost, která by neměla překročit 5 kg, zejména protože se jedná o zařízení používané po delší dobu. Rozměrové řešení upínacího systému se rovněž zakládá na antropometrii hlavy, přičemž v tomto případě není nutná klasifikace do skupin, jelikož jednotlivé popruhy lze utáhnout, popřípadě povolit dle individuálních potřeb nositele masky. Samotný návrh upínacího systému využívá obvyklé funkční prvky, které jsou jen mírně modifikovány, aby nenarušovaly celkový charakter objektu. Filtry a přípojka přímo nepodléhají přísnějším ergonomickým požadavkům, přesto svým řešením dovolují snadnou manipulaci při připojování k masce. Odjímání těchto částí představuje náročnější úkon, což je žádoucí vzhledem k nebezpečí uvolnění

během používání respirátoru v kontaminovaných prostorech. Průzvučná membrána a výdechový ventil nevyžadují přímou manipulaci ze strany uživatele ochranného zařízení, kromě kontroly nebo přípravy masky před použitím. Tvar masky je z předního pohledu osově symetrický vzhledem k charakteru lidského obličeje, čímž umožňuje stejně pohodlné užívání jak levákům, tak pravákům. Ochranná obličejová maska musí dle normy ČSN EN 136 [19] plnit svou funkci v jakékoliv poloze hlavy, což popisovaný návrh vzhledem k použité konstrukci bez potíží splňuje.



Obr. 23 Ergonomické řešení ochranné masky

5.1 Ergonomie vnitřní masky

Vyřešení vnitřní masky respirátoru, splňující univerzální ergonomické nároky vyžaduje složitá měření a použití pokročilého softwaru. Z tohoto důvodu by návrh této části potřeboval projít velkým počtem zkoušek a testů, aby bylo dosaženo optimálního přilnutí k obličeji. Autoři Jingzhou Yang, Jichang Dai a Ziqing Zhuang (2009) ve své práci analyzují vzájemnou interakci mezi vnitřní maskou a tvarem hlavy, za pomoci softwaru LS-DYNA, za účelem dosažení co možná nejvyšší úrovně pohodlí a přilnutí této části ochranné masky. Jako podklad pro měření rozložení sil a napětí mezi respirátorem a hlavou používají několik digitálních modelů lidských hlav, získaných metodou 3D skenování, které jsou dále porovnávány s modely různých druhů respirátorů. Jako ergonomický podklad pro návrh vnitřní masky, tvořící součást této bakalářské práce byl použit model obličeje, získaný stejným způsobem. Užitý model přibližně odpovídá 50% lidské hlavě a díky tomu slouží jako důležitý podklad pro ergonomické řešení vnitřní masky i dalších částí celého návrhu. Vytvoření univerzálního vzoru ochranné masky, který by vyhovoval všem tvarům obličeje, ovšem není za pomoci současných technologií stále možné a z tohoto důvodu většina výrobců nabízí tato ochranná zařízení ve třech nebo více velikostních kategoriích.

5.2 Zorník a zorné pole

Jako zorník je označována část ochranné masky, umožňující uživateli pokud možno co největší, nezkreslený výhled. V případě polomasek a čtvrtmasek určených pro ochranu dýchacích orgánů v relativně bezpečných podmínkách není zorník použit, protože tato zařízení nemusí chránit oči uživatele. Popisovaný návrh ovšem slouží k ochraně v případě požáru, a proto je přítomnost zorníku nezbytná. Nejdůležitějším ergonomickým parametrem zorníku je zorné pole. Florus a Otrisal (2010) uvádějí hlavní charakteristiky zorného pole, související s přirozeným zorným polem, které je pozorováno bez nasazení ochranného zařízení a binokulárním zorným polem, vnímaným oběma očima taktéž bez nasazené ochranné masky. První charakteristika udává efektivitu přirozeného a druhá binokulárního zorného pole. Obě kritéria účinnosti uváděna v procentech udávají, jakou část daného typu zorného pole je nositel ochranného zařízení schopen vidět. Snahou návrhu respirátoru používaného v případě požáru bylo od počátku respektovat co možná největší zorné pole, proto tvoří zorník podstatnou část masky a umožňuje téměř neomezený, nezkreslený výhled.

Zorník musí podle normy ČSN EN 136 [19] splňovat následující požadavky:

- Zorník musí být spolehlivě a plynutěsně spojen s lícnicí.
- Zorník nesmí zkreslovat zobrazení.
- Prostředky pro omezení zamlžování musí být použity, aniž by snižovaly průhled při nošení.



Obr. 24 Ergonomické řešení upínacího systému

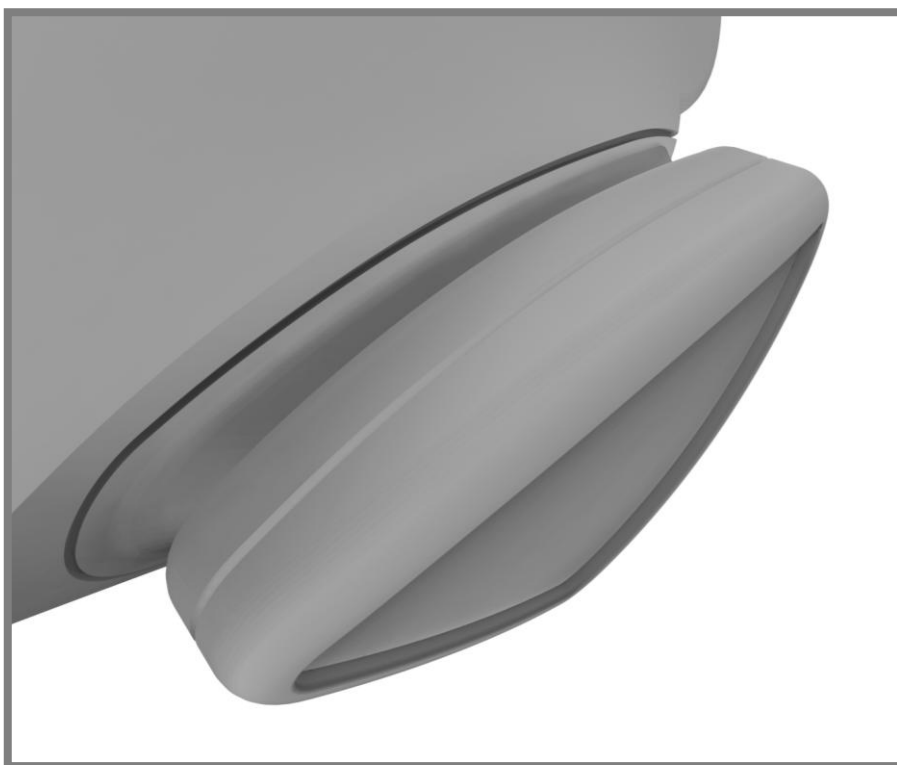
6 TVAROVÉ A KOMPOZIČNÍ ŘEŠENÍ

Počátečním cílem designu ochranné masky byla snaha o zjemnění výrazu výrobku, který zůstává v mnoha případech stále příliš hrubý, kvůli upřednostňování konstrukčního přístupu. Tento přístup je sice pochopitelný, jelikož hlavním smyslem tohoto zařízení je poskytnutí spolehlivé ochrany svému nositeli, nicméně svou vizuální podobou často vyvolává nepříjemný pocit u mnoha potenciálních uživatelů. Tvarové řešení ochranné masky, podobně jako ergonomické, vychází především z lidských proporcí, protože respirátor ve své podstatě tvoří ochranný obal kolem hlavy nositele. Převážná část těchto zařízení upřednostňuje poněkud nevyvážené tvarování, které příliš odsazuje spodní část lícnice nesoucí většinu funkčních prvků. Jednou z hlavních myšlenek prvotních návrhů proto byla integrace všech funkčních částí v jeden souvislý tvarový celek, s korektní tektonikou a větší výrazovou měkkostí, naproti stávajícím výrobkům obdobného typu. Pro dosažení jemnějšího charakteru bylo použito integrační tvarování ladící s hmotovou skladbou lidského obličeje. Jedním z hlavních technologických požadavků je malá hmotnost respirátoru, z čehož plyne snaha o využití co možná nejmenšího objemu hmoty, při zachování plné funkčnosti ochranného zařízení dýchacích cest. Pozitivní důsledek této snahy se projevil také v přidané estetické hodnotě výrobku, jelikož díky rozšíření zorníku a minimu hmoty působí odlehčeným, vzdušným dojmem a vykazuje příjemnější vizuální styl. Pokud nejsou respirátory nasazeny na hlavu uživatele, popřípadě modelovou hlavu nebo jistý typ stojanu, působí ve většině případů labilním dojmem, který je důsledkem absence jakékoliv roviny.



Obr. 25 Tvarové řešení ochranné masky

Snaha o stabilní vyznění odložené ochranné masky by ovšem neměla příliš velký smysl, protože tato zařízení zřídka tvoří přímý doplněk obytných prostor nebo veřejných prostranství. Stabilita objektu je tedy závislá především na interakci s lidskou hlavou a je plně znatelná pouze při funkčním stavu respirátoru, tedy v momentě, kdy je připevněný k hlavě nositele. Podobný závěr lze učinit také ohledně celkového estetického vyznění, protože tento druh zařízení, stejně jako např. oblečení, nikdy netvoří plně samostatný celek. Kompozice ochranné masky se zakládá na průběhu uzavřených obrysových linií lícnice kolem funkčních částí, přičemž je patrná snaha o minimální výskyt čistých hran, což zaručuje plynulé propojení dílčích ploch, spolu s celistvějším harmonickým výrazem objektu.



Obr. 26 Detail napojení filtrů k lícnici

Dalšími určujícími faktory pro tvarování jsou funkční prvky respirátoru, především filtry, přípojka a zorník, které rovněž velkou měrou ovlivňují finální design výrobku. Zorník sice pokrývá velkou část plochy celého objektu, čímž poskytuje adekvátní zorné pole svému nositeli, nicméně jeho tvarování je navrženo co nejjednodušeji, zejména kvůli nižším výrobním nákladům a prevenci technických problémů. Navzdory tendenci řady výrobců ochranných masek používat mírně kulovitě vypouklé sklo, nebo podobný transparentní materiál, je aplikovaný zorník protipožárního respirátoru zahnut pouze ve směru jedné osy, protože vyklenutí nemá výraznější tvarový efekt a přes svou vyrobiteľnosť působí zbytočné konstrukční problémy, popřípadě přímo zkrasluje zorné pole nebo vykazuje menší odolnost proti nárazům. Výrazný tvarový prvek tvoří také samotné napojení filtrů k lícnici. Většina současných esteticky propracovaných respirátorů tuto část designu zanedbává

konzervativním mechanickým propojením, které příliš nezapadá do zjemněného výrazu zbylých částí. Z těchto důvodů uplatňuje návrh této ochranné obličejové masky plynulejší spojování, respektující celkový kompoziční ráz objektu, při čemž je zachována jistá míra vizuální odlišnosti, jelikož se jedná o odnímatelné části masky. Tvarování a kompozice otvorů hlavní funkční části filtru, sloužící k přívodu okolního ovzduší, je vyřešeno formou mírného optického klamu. Textura otvorů na ploše využívá plastického efektu propadající se polokoule, který je navozen odstupňováním velikostí otvorů směrem od pomyslného středu. Takto vzniklý dojem koresponduje s funkcí filtru a vyvolává dojem proudění vzduchu do vnitřní části ochranné masky. Navržený tvar přípojky k zásobě dýchatelné směsi vychází z kruhového otvoru v lícnici, opisovaného obrysovými liniemi. Zahnutý válcovitý průběh této části je narušen mírným zborcení plochy, čímž je dosaženo jisté tvarové návaznosti. Mezi doplňkové součásti ochranné masky patří otvory pro průzvučnou membránu po stranách přípojky, řešené formou postupně se narovávajících linií vycházejících od jejího kruhového obrysu. Další doplněk je výdechový ventil situovaný ve spodní části masky, řešený rovněž téměř liniovými otvory, které vycházejí z celkového tvaru dané části respirátoru.



Obr. 27 Detail spodní části lícnice



Obr. 28 Tvarové řešení přípojky

7 BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ

Barevné řešení návrhu ochranné masky sestává z neutrálních barev, navzdory původnímu záměru využít určitého akcentu, zjemňujícího výsledný výraz designu výrobku. Při navrhování barevného řešení byly zohledněny především psychologické aspekty ochranného zařízení, které by mělo sice působit jemněji než většina současných respirátorů, nicméně by rovněž mělo evokovat dojem spolehlivosti a funkčnosti, navozený nejlépe užitím konzervativnější barevnosti. Dalším argumentem podporujícím stávající provedení je rovněž absence vhodného místa pro barevné odlišení, vzhledem k velkému počtu funkčních a konstrukčních prvků, navzdory relativní tvarové čistotě lícnice masky. Grafické řešení ochranného zařízení je použito především v místech dýchacího ventilu, průzvučné membrány, filtru a sedla výdechového ventilu vnitřní masky, která vyžadují přítomnost otvorů ve vnějším krytu, popřípadě subtilní konstrukci upevňující daný prvek.



Obr. 29 Barevné varianty

Kovově šedý kryt lícnice je uprostřed rozdělen černým těsněním kolem zorníku a po krajích je lemován pryžovou krční manžetou zaručující lepší přiléhání masky k obličeji, která je dále propojena s pryžotextilním upínacím systémem. Snahou barevného provedení masky je odlišit části pro přívod dýchatelného ovzduší, čehož je dosaženo tmavším tónem dominantní barvy použité na lícnici. Výsledné optické oddělení tvarově integrovaných částí uživateli napovídá, že se jedná o odnímatelné díly zařízení, konkrétně filtry a přípojku. Vnější kryty filtrů spolu se sedlem doplňkového výdechového ventilu vnitřní masky jsou provedeny v nejsvětlejším tónu základové barvy, čímž mírně vizuálně vystupují z kompozice zbylých částí objektu a dávají návrhu zajímavější ráz. Celkové barevné i grafické řešení tak přispívá k poměrně elegantnímu, spolehlivému a estetickému výrazu designu protipožárního respirátoru.

7.1 Kryt průzvučné membrány

Průzvučná membrána umožňující lepší komunikaci nositeli ochranné masky je řešena formou speciální vložky, umístěné ve spodní části lícnice. Pro funkčnost membrány je nutná přítomnost otvorů v dané části krytu, jinak by tento prvek postrádal smysl. Tyto otvory jsou řešeny formou tří úzkých pásů na obou stranách přípojky k zásobě dýchatelného média. Grafické řešení krytu průzvučné membrány vychází především z kruhového otvoru pro přípojku uprostřed spodní části masky a dále z kontury lícnice. Z tohoto důvodu je každý otvor v krytu membrány kruhovou výsečí odsazených kružnic se středem ve výše zmiňovaném otvoru dýchacího ventilu, do kterého je přípojka zašroubována.



Obr. 30 Kryt průzvučné membrány



Obr. 31 Grafické řešení krytu filtru

7.2 Otvory v krytu filtru

Kryty filtrů většiny současných ochranných zařízení dýchacích orgánů jsou stále řešeny pouze mřížkou, popřípadě pravidelnými kruhovými otvory, působícími těžkopádným a poměrně neestetickým dojmem. Z tohoto důvodu bylo již od počátku cílem návrhu využít grafického řešení otvorů, které by působilo lapidárnějším dojmem a zároveň odpovídalo funkční podstatě filtrů respirátoru. Finální varianta této části je tvořena kruhovými otvory velikostně odstupňovanými od optického středu krytu, přičemž nejmenší otvor je umístěn právě v tomto středu a velikost dalších otvorů mírně graduje v závislosti na vzdálenosti od nejmenšího. Takto řešené otvory vytvářejí vizuální dojem propadlé polokoule, což koresponduje s funkcí ochranného filtru, pomocí kterého je vdechován vzduch z okolního ovzduší.

7.3 Kryt výdechového ventilu

Výdechový ventil umístěný ve spodní části masky slouží k odvodu vydechovaného vzduchu mimo vnitřní část a také k odtoku slin. Z těchto důvodů musí kryt obsahovat otvory umožňující bezproblémovou funkci tohoto konstrukčního prvku. Vzhledem k tvarovému charakteru krytu jsou otvory řešeny formou mřížky skládající se z pěti tenkých pruhů, které jsou ukončeny ostrou linií u odlehlejší rovinné strany a zaoblením v blízkosti téměř půlkruhového zakončení. Grafické řešení mřížky vycházející z kontury krytu výdechového ventilu je relativně jednoduché, jelikož tento prvek není z většiny pohledů příliš viditelný.

7.4 Sedlo výdechového ventilu vnitřní masky

Výdechový ventil vnitřní masky plní obdobnou funkci jako hlavní výdechový ventil zabudovaný v lícnici, ovšem jedná se pouze o prvek doplňkového charakteru. Tyto ventily umístěné po stranách vnitřní masky jsou uchyceny v subtilní konstrukci, nejčastěji označované jako sedlo výdechového ventilu, která dává rovněž prostor pro grafické řešení. Výsledná forma této části vychází z kruhového obrysu a vnitřního kroužku, dále propojených čtyřmi liniemi dělicími prostor mezi kruhy na čtyři shodné segmenty, přičemž jeden z těchto segmentů je vyplněn hmotou.



Obr. 32 Grafické řešení krytu výdechového ventilu



Obr. 33 Sedlo výdechového ventilu vnitřní masky.

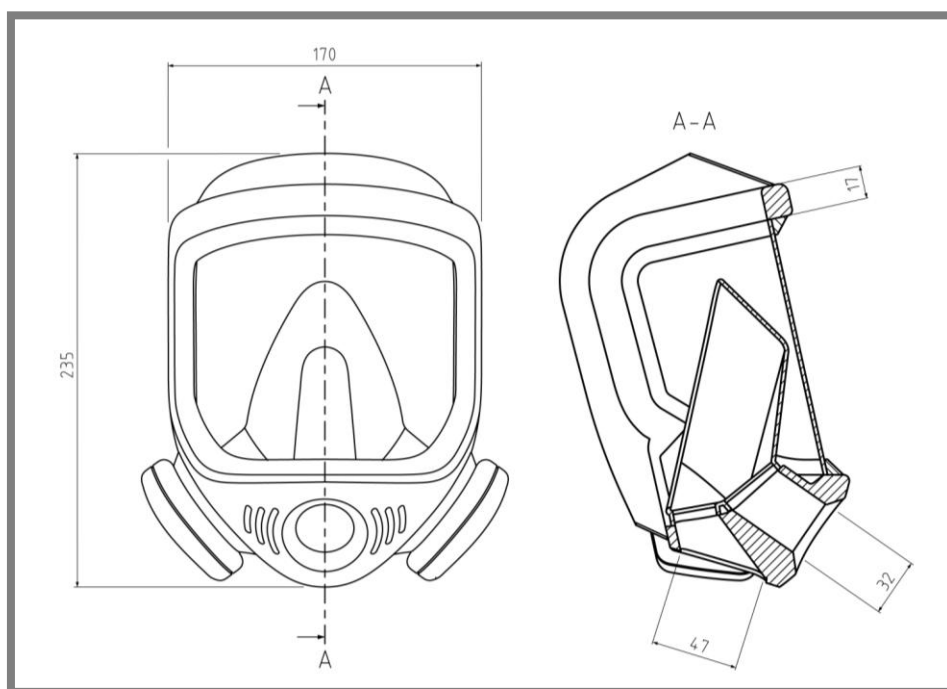
8 KONSTRUKČNE-TECHNOLOGICKÉ ŘEŠENÍ

8

8.1

8.1 Charakteristika návrhu

Obličejová maska využívá k ochraně nositele před škodlivinami v ovzduší jak filtrační, tak izolační princip. Použitá filtrační zařízení se řadí do kategorie menších ochranných filtrů, které ovšem v kombinaci s možností připojení k zásobě kyslíku dostatečně splňují funkční nároky. Zařízení je pomocí přípojky zapojeno k zásobě dýchacího média, uskladněného v tlakové lahvi vybavené ventilem, který zajistí dodání kyslíku, nebo jiné dýchatelné směsi, po prvním nadechnutí uživatele. Respirátor obsahuje zabudovanou vnitřní masku, oddělující ústa a nos nositele od prostoru mezi hlavou a zorníkem, která je propojena s filtry i zásobou kyslíku, čímž umožňuje dvojitý druh příjmu nekontaminovaného vzduchu. Panoramatický polykarbonátový zorník zajišťuje téměř neomezenou a nezkreslenou viditelnost přirozeného i binokulárního zorného pole. Těsnění masky je dostatečně zajištěno pomocí ergonomického řešení linie a těsnící manžety na krku nositele, což zaručuje dostatečnou těsnost pro velkou škálu různých typů a rozměrů obličeje. Masky by měla zajišťovat plnou ochranu při teplotě v rozmezí $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$, pokud by jako hlavní materiál lícnice byla použita pryž na bázi brombutylkaučuku, EPDM pryž, popřípadě hypoalergický silikon. Větší odolnosti respirátoru lze docílit užitím žáruvzdorného materiálu, jakým je např. Kapton, schopný snášet teplotu od $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+400\text{ }^{\circ}\text{C}$ [21]. Upínací systém zajišťuje potřebné přilnutí ochranné masky ke všem velikostem lidské hlavy díky nastavitelným popruhům. Z tohoto důvodu je řešení jako odnímatelný celek, stejný pro všechny velikostní kategorie ochranného dýchacího přístroje. Snadná a srozumitelná komunikace při nošení obličejové masky je zajištěna zabudovanou průzvučnou membránou, nacházející se ve spodní části lícnice naproti ústům uživatele.



Obr. 34 Technický výkres

8.2 Rozměrové řešení

Správná volba rozměrů je vedle funkční filtrace a dodávky dýchatelného vzduchu nejdůležitějším požadavkem na návrh ochranné obličejové masky, jelikož zajišťuje těsnění výrobku, bez kterého by došlo k podsávání a tím také úplné ztrátě ochranné funkce. Rozměry respirátoru vychází především z obvyklých rozměrů a proporcí 50% obličeje. Takto navržená maska by sice měla poskytnout ochranu téměř jakémukoliv potenciálnímu uživateli, nicméně pro naprostou ergonomickou korektnost by bylo nezbytné vyrábět toto zařízení minimálně ve třech velikostních třídách, čímž by výrobek poskytoval komfort a ochranu také pro jedince s mezními rozměry hlavy. Rozměry zorníku jsou dalším určujícím parametrem, jelikož tato část musí umožňovat co největší rozhled a nenarušovat tak prostorovou orientaci svého nositele. Snahou volby rozměrů a proporcí ochranného zařízení dýchacích orgánů je také použití minima materiálu, při zachování pohodlí uživatele i plné funkčnosti tohoto výrobku.



Obr. 35 Detail upevnění přípojky



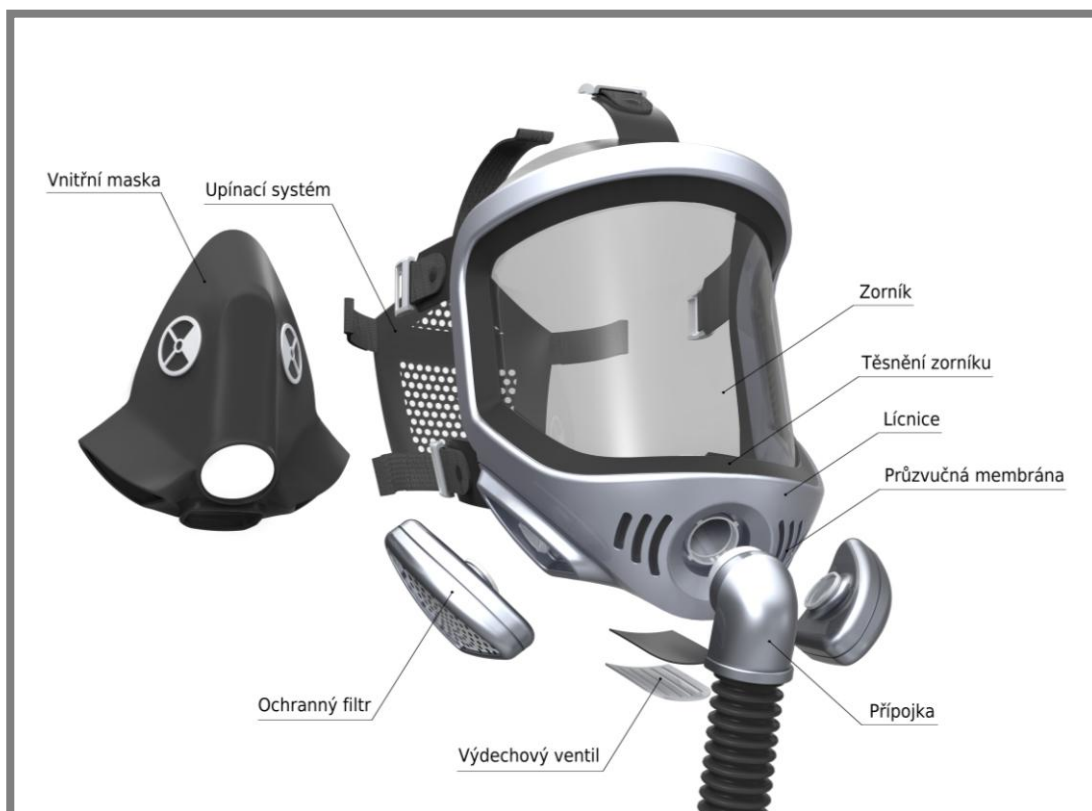
Obr. 36 Detail upevnění filtrů

8.3 Konstrukce a popis funkčních částí

Hlavní částí respirátoru je lícnice tvořící základ celé konstrukce, která spojuje všechny funkční části a zbylé konstrukční prvky. Předpisy pro materiály používané k výrobě vnější části ochranné masky popisuje norma ČSN EN 136 [19]. Vhodných materiálů lze zvolit poměrně hodně, s přihlédnutím jak k požadovaným vlastnostem, tak k výsledné ceně. Jelikož cílovou skupinu výrobku může kromě hasičů a specializovaných pracovníků tvořit také civilní obyvatelstvo, nabízí se možnost vyrábět respirátor v několika typech, podle zaměření a závažnosti. Pro využití hasičů a záchranářů v náročných podmínkách je nejvhodnější použít jako materiál Kapton, popřípadě vhodný žáruvzdorný kompozitní materiál, což se ovšem projeví na celkových nákladech výroby. Pro méně závažné situace přichází v úvahu lícnice zhotovená z EPDM (etylen-propylen-dien-monomer) pryže nebo z pryže na bázi

BIIR. Tyto pryže jsou sice vysoce odolné proti účinkům otravných látek, ale nevykazují srovnatelnou žáruvzdornost s výše uvedenými materiály. Ve středu spodní části lícnice se nachází kruhový otvor pro upevnění vývodu vnitřní masky k přípojce, po stranách jsou otvory s těsnicí manžetou, sloužící k propojení s filtry. V nejspodnější části lícnice se nachází otvor pro výdechový ventil, taktéž spojený s vnitřní maskou. Lícnice by se pro naprostou ergonomickou správnost měla vyrábět minimálně ve třech velikostech, přičemž uvedený návrh je zaměřen na střední rozměrovou kategorii.

Velkoplošný zorník ochranné masky musí poskytovat dostatečně efektivní a nezkrácené zorné pole, při čemž musí vykazovat dostatečnou odolnost proti nárazům, žáru nebo poškrábání. Z těchto důvodů je návrh respirátoru vybaven sklem z polykarbonátu, které je dostatečně odolné a žáruvzdorné. Část zorníku obsahuje přidavný zorník proti zamlžení a těsnění, aby byla splněna podmínka plynotěsného spojení s lícnicí dle normy ČSN EN 136 [19].



Obr. 37 Popis ochranné masky

Další důležitou částí ochranného zařízení je vnitřní maska, sloužící k naprosté izolaci dýchacích orgánů od okolního ovzduší, s výjimkou cest pro přívod filtrovaného vzduchu, zbaveného škodlivých částic, popřípadě kyslíku z tlakové láhve. Jedná se o poměrně složitý výlisek, který může být zhotovený rovněž z pryže, popřípadě transparentního silikonu, vhodného pro uživatele s citlivější kůží. Tvarová složitost je dána požadavkem na propojení s otvory v lícnici pro filtry, přípojku a výdechový ventil. Obrysová těsnicí linie zaručuje dostatečné přilnutí k obličejí, aby nedocházelo k podsávání. Vnitřní masku lze v případě potřeby odebrat, což je nezbytné kvůli

povinným pravidelným kontrolám a čištění. K rozebíratelnému připevnění slouží přítlačný kroužek, spojující vnitřní masku s vnitřní stranou lícnice. Tato část by měla být také nabízena ve více velikostech, většinou odpovídajících rozměrům lícnice.

Ochranné filtry umístěné na bocích masky mají oproti připojení k okruhu s dýchacím médiem spíše doplňkový charakter, ale přesto poskytují dostatečnou ochranu. Každý filtr obsahuje sorpční část s vrstvami tkaniny, na které je nanášeno aktivní uhlí. Tato část je umístěna mezi plochy s otvory, opatřenými textilní vložkou v místě styku s aktivním uhlím. Florus (2006) uvádí, že sorpční část obvykle v místě zapojení k lícnici obsahuje vatovou vložku, umístěnou ze spodní strany dna, která zabraňuje výprachu aktivního uhlí. Kryt filtru vyráběný vakuovým balením je zhotoven ze stejného materiálu jako lícnice, při čemž musí splňovat podmínky plynutnosti a žáruvzdornosti.

Přípojka zajišťuje spojení mezi obličejovou částí masky a přístrojem zajišťujícím přívod nekontaminovaného, dýchatelného vzduchu. Dle normy ČSN EN 136 [19] musí být toto spojení uskutečněno pevným, speciálním nebo závitovým spojem. Přípojky k filtrům využívají speciálního rozebíratelného spojení, kdežto přípojka k dýchacímu médiu je spojena klasickým závitěm, běžným pro tento druh ochranných obličejových masek.

Lícnice masky je opatřena průzvučnou membránou, umožňující snadno srozumitelnou komunikaci během nošení masky. Tato membrána je zabudována v centrální části lícnice, kde se také nachází otvory ve vnějším krytu, umožňující snadný průchod zvukových vln. Blok průzvučné membrány je opatřen speciálním těsněním, aby nedocházelo k podsávání masky.

Vydechovací ventilová komora se nachází ve spodní části lícnice, konkrétně v místech kde lícnice kryje bradovou část obličeje. Slouží především k odvodu vydechaného vzduchu, který není dále zachycován a recyklován, jelikož se nejedná o dýchací ochranné zařízení s uzavřeným okruhem.

Upínací systém lze od lícnice v případě potřeby odpojit, jelikož tvoří samostatnou část, která nemusí být vyráběna ve více stupních velikosti. Může být vyroben z různých textilií nebo pryže, zpevněných přezkami z plastu. Dle normy ČSN EN 136 [19] musí být upínací systém vyzkoušen několikahodinovým silovým zatížením volného konce každého pásku.

8.4 Technické parametry návrhu

Typ prostředku:	Kombinovaný filtrační a autonomní dýchací přístroj s otevřeným okruhem na tlakový vzduch.
Možnost ochrany:	Ochranná maska určená k ochraně před produkty hoření, vznikající při požárech
Typ filtru:	Speciální filtr, vyrobený z více vrstev tkanin, na které je aplikováno aktivní uhlí
Doba nutná k nasazení:	přibližně 20 sekund
Hmotnost prostředku:	1kg

9 ROZBOR DALŠÍCH FUNKCÍ DESIGNÉRSKÉHO NÁVRHU

9

9.1 Psychologická funkce

9.1

Hlavní funkcí ochranné masky je bezpochyby ochrana dýchacích orgánů nositele před nebezpečnými látkami v ovzduší, popřípadě nedostatkem kyslíku. Neméně důležité je ovšem také psychologické vnímání objektu používaného obvykle ve vypjatých a stresových situacích, mnohdy v případě přímého ohrožení lidského života. Právě psychologická funkce respirátoru byla jedním z nejdůležitějších bodů ovlivňujících již prvotní koncepty a návrhy, protože designová stránka těchto výrobků byla donedávna zanedbávána, což vedlo k vybudování negativního vztahu veřejnosti k ochranným zařízením. Mnoho lidí si pojem ochranná maska stále asociuje přímo s plynovými maskami starých vzorů, používaných během období studené války při branných a vojenských cvičeních, které mimo agresivního výrazu využívaly často nevhodných materiálů a vyvolávaly ve svém nositeli pocit nevolnosti. Z uvedených důvodů vyplynula snaha o zjemnění výrazu tohoto návrhu, především užitím vhodné barevnosti a měkčího tvarování. Zpočátku byla zvažována možnost využít v obsahu designu jistou formu vtipu nebo nadsázky, čímž by sice bylo dosaženo požadovaného odlehčení výrazu, ovšem finální varianta tento prvek neuplatňuje. Hlavním psychologickým argumentem proti použití humorného přístupu je vážný charakter situací, ve kterých je respirátor používán. Takto navržený výrobek by pravděpodobně u většiny potenciálních uživatelů vyvolal pocit nedůvěry vůči ochranné funkci obličejové masky, proto je výsledný design navržen tak, aby produkt působil seriózně a solidně, ovšem nikoliv příliš tvrdě. Respirátor využívá světlejší barevnosti, naproti obvyklé tmavé, jelikož jasnější barvy rovněž přispívají k zjemnění celkového výrazu. Návrh uplatňuje pouze lehké materiály, aby váha masky příliš neomezovala pohyb hlavy nositele, což by mohlo negativně působit na psychiku daného jedince. Autoři Hooper, Crawford a Thomas (2001) ve své práci zhodnocují rozdíly psychologických nároků na nositele, mezi konvenčními a odlehčenými soupravami izolačních dýchacích přístrojů a docházejí k závěru, že větší váha konvenčních přístrojů má za následek vyšší spotřebu energie a kyslíku. Z těchto důvodů by měl být navržený respirátor vybaven odlehčenou soupravou.

9.2 Ekonomická funkce

9.2

Ochranná maska je navržena, aby poskytovala spolehlivou ochranu pro svého uživatele a dostatečně splňovala všechny nezbytné funkční nároky i dlouhou životnost. Z těchto důvodů se řadí k výrobkům vyšší cenové kategorie, jelikož je tento návrh určen především pro použití hasiči, záchranáři nebo horníky a proto využívá nejnovější technologie a sofistikované materiály, odolné proti vysokým teplotám. Pořizovací cena samotné obličejové masky bez kompletní soupravy by se měla pohybovat kolem 6000 Kč. Odhad této částky je založen na základě porovnání ceny podobných výrobků, které se svým provedením a zaměřením na cílovou skupinu tomuto návrhu co nejvíce přibližují. Jako příklad konkrétního vzoru moderní masky používaného mnoha hasičskými sbory také v České republice, lze použít respirátor Dräger FPS 7000. Výsledná cena je však z velké části ovlivněna plánovaným užitím žáruvzdorných materiálů lícnice, která by mohla být zhotovena z polymerního materiálu, jako např. Kapton nebo kompozitního materiálu

s obdobnými vlastnostmi. Uvedený návrh by také bylo možné pro civilní účely vyrábět z levnějších materiálů, vykazujících menší žáruvzdornost. Vhodnou volbou materiálu pro lícnici tohoto typu je pryž na bázi BIIR, z které jsou zhotoveny civilní masky CM-6 vyráběné akciovou společností Gumárny Zubří. Nespornou výhodou užití této pryže je snadná dostupnost, jelikož je vyráběna přímo na území České republiky. Pořizovací cena ochranné masky s lícnicí z tohoto materiálu by mohla klesnout až na polovinu výše uvedeného odhadu. Vnitřní maska sice představuje tvarově komplikovaný výlisek, obvykle zhotovený rovněž z pryže, jehož provedení a materiál by ale neměly celkové náklady příliš ovlivnit.

9.3 Sociální funkce

Primárním cílem všech ochranných prostředků dýchacích orgánů je na prvním místě ochrana nositele v kontaminovaném prostředí. Různé druhy těchto zařízení jsou navrženy pro odlišný druh ohrožení, popřípadě závažnost z tohoto plynoucího zdravotního nebezpečí, které může být v mnoha případech i smrtelné. Filtrační polomasky bývají nejčastěji využívány pro ochranu lidí, pracujících v mírně zamořeném prostředí nebo docházejících do styku se škodlivými chemikáliemi. Pro účel evakuace z vysoce zamořeného prostředí jsou často používány jednorázové únikové přístroje, výhodné především z hlediska nízkých výrobních nákladů. Popisovaný návrh je ovšem určen především pro hasiče nebo záchranáře, konkrétně v případě požáru a spadá do kategorie obličejových ochranných masek, nicméně toto zaměření nevylučuje užití pro ochranu proti jiným typům škodlivin nebo užití v průmyslu. Výroba ochranných zařízení dýchacích orgánů má v celé Evropě dlouholetou tradici, na kterou v případě České republiky navazuje produkce Gumáren Zubří, které vyvíjejí kromě vojenských masek také civilní ochranné masky. Preferovanou cílovou skupinou popisovaného respirátoru jsou, jak již z názvu vyplývá, především hasiči nebo podobní specializovaní pracovníci, jelikož se jedná o výrobek navrženy pro opakované používání spadající do vyšší kvalitativní i cenové kategorie. Navzdory tomu není vyloučeno běžné užívání této ochranné masky i civilním obyvatelstvem.

ZÁVĚR

Počátečním záměrem této práce byla snaha o zvýšení estetické hodnoty ochranného zařízení, které po dlouhou dobu svým vzhledem podléhalo ryze konstrukčnímu tvarování, působícímu mnohdy příliš hrubým a agresivním výrazem. Neméně důležitým cílem bylo prozkoumání nových funkčních možností s využitím moderních technologií a materiálů pro návrh respirátoru, který by zároveň splňoval reálné bezpečnostní požadavky a nebyl tak pouze nepodloženou vizí do budoucnosti. Po prozkoumání velkého počtu různých kategorií těchto zařízení, lišících se jak funkčním principem, tak celkovým vzhledem, byla jako nejvhodnější typ respirátoru pro tuto práci zvolena ochranná obličejová maska. Ochranná zařízení dýchacích orgánů ke své funkci využívají filtraci nebo připojení k zásobě respiračního média, při čemž oba uvedené principy vykazují výhody i nedostatky. Z tohoto důvodu obsahuje finální návrh ochranné masky filtry i přípojku k zásobě vzduchu. Psychologická funkce ochranné masky hrála u vzniku návrhu tohoto výrobku také důležitou roli, protože je v drtivé většině případů používán během stresových situací. Výsledný design má do jisté míry inovativní charakter a dosahuje cíleného zjemnění výrazu, čímž přispívá k pozitivnějšímu působení na uživatele. Finální návrh by svým provedením měl dosahovat funkčnosti srovnatelné s moderními ochrannými maskami určenými pro náročné podmínky použití a zároveň zvýšit estetickou hodnotu výrobku, který byl po této stránce donedávna zanedbáván.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] BIRKNER, J. S., COLTON C. E. Respiratory Protective Equipment. In ROSE, V. E., COHRSEN, B. *Patty's Industrial Hygiene*. San Francisco, CA: John Willey & Sons, 2011, s. 1169–1233. ISBN 978-1-61344-168-8.
- [2] FLORUS, S. *Prostředky ochrany dýchacích orgánů v armádě : historický přehled. Část I., Ochranné masky k ochraně osob*. 1. vyd. Vyškov: Univerzita obrany, 2006. 127 s. ISBN 80-7231-142-5.
- [3] *Gumárny Zubří* [online]. ©2009 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.guzu.cz/>
- [4] FLORUS, S. *Prostředky ochrany dýchacích orgánů určené k úniku z kontaminovaných prostorů. Část I.* 1. vyd. Vyškov : Univerzita obrany, 2009. 134 s. ISBN 978-80-7231-673-1.
- [5] MELKES, J., DVOŘÁK, V., *Ekologické havárie a dekontaminace znečištění. Díl 1*, Vysoká vojenská škola pozemního vojska, Vyškov 1997, ISBN 80-7231-002-X
- [6] MELKES, J., DVOŘÁK, V. *Ekologické havárie a dekontaminace znečištění. Díl 2*, Vysoká vojenská škola pozemního vojska, Vyškov 1997, ISBN 80-7231-002-X
- [7] Proces hoření. In: *Hasičský záchranný sbor České republiky* [online]. 9. 7. 2009 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/clanek/konspekty-odborne-pripravy-i.aspx?q=Y2hudW09NQ%3D%3D>
- [8] Produkty hoření. In: *Hasičský záchranný sbor České republiky* [online]. 9. 7. 2009 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/clanek/konspekty-odborne-pripravy-i.aspx?q=Y2hudW09NQ%3D%3D>
- [9] SÝKORA, V. *Prostředky pro ochranu dýchacích cest*. 1. vyd. Praha : MV-generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2008. 71 s. ISBN 978-80-86640-95-2.
- [10] McCULLOUGH, N. V. Personal Respiratory Protection. In FLEMING, D. O., HUNT, D. L. *Biological Safety - Principles and Practices*. San Francisco, CA : American Society for Microbiology, 2006, s. 325–340. ISBN 978-1-55581-339-0.
- [11] FLORUS, S., OTŘÍSAL, P. *Prostředky ochrany dýchacích orgánů určené k úniku z kontaminovaných prostorů. Část II., Prostředky ochrany dýchacích orgánů proti ZHN*. 1. vyd. Vyškov : Univerzita obrany, 2010. 84 s. ISBN 978-80-7231-605-2.
- [12] *Moldex* [online]. © 2012 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.moldex.com/>
- [13] Historie. *3M Česká republika* [online]. © 2012 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: http://solutions.3mcesko.cz/wps/portal/3M/cs_CZ/about-3M/information/more-info/history/
- [14] Industry Interview: Avon Protection. *U. S. Coast Guard Forum* [online]. © 2012 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.uscgf-kmi.com/cgf-home/260-cgf-2010-volume-2-issue-3/3119-industry-interview-avon-protection.html>

-
- [15] Dräger history. *DCA* [online]. © 2012 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.dca-design.com/news/dca-and-3m-win-idea-award-for-m-series-headgear.html>
- [16] DCA and 3M win IDEA award for M Series Headgear. In: *DCA* [online]. © 2012 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.dca-design.com/news/dca-and-3m-win-idea-award-for-m-series-headgear.html>
- [17] Free 3D Head Scan Model. *TEN 24* [online]. © 2010 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.ten24.info/index.php/shop/3d-head-scans/free-3d-head-scan-model-52/>
- [18] LORKO, M., JAMBRICHOVÁ, Z. *Ergonómia*. 1. vyd. Prešov : Technická univerzita v Košiciach, 1998. 121 s. ISBN 80-7099-392-8.
- [19] ČSN EN 136. *Ochranné prostředky dýchacích orgánů – Obličejové masky – Požadavky, zkoušení a značení*. Praha: Český normalizační institut, 1998. Dostupné z: <http://shop.normy.biz/d.php?k=53877>
- [20] YANG, J., DAI, J., ZHUANG, Z. Simulating the Interaction between a Respirator and a Headform Using LS-DYNA. *Computer-Aided Design & Applications*. 2009, vol. 6, no. 4, s. 539–551. ISSN 1686-4360.
- [21] Polyimides. *Polymer Science Learning Center* [online]. © 2005 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.pslc.ws/macrog/imide.htm>
- [22] HOOPER, A. J., CRAWFORD, J. O., THOMAS, D. An Evaluation of Physiological Demands and Comfort Between the Use of Conventional and Lightweight Self-Contained Breathing Apparatus. *Applied Ergonomics*. 2001, vol. 32, no. 4, s. 399–406. ISSN 0003-6870.

SEZNAM ZDROJŮ OBRÁZKŮ

- [1] Mine Safety Apparatus at the 1909 A.Y.P. Exposition. JOANNE MATSUMURA. *Blackdiamondhistory.wordpress* [online]. 6. 8. 2010 [cit. 2012-05-17]. Dostupné z: <http://blackdiamondhistory.wordpress.com/2010/08/06/mine-safety-apparatus-at-the-1909-a-y-p-exposition/>
- [2] Captain's Corner 2007 Volume 1. *Somerville Local 76* [online]. 2. 3. 2008 [cit. 2012-05-17]. Dostupné z: http://www.somervillelocal76.org/?zone=/unionactive/view_page.cfm&page=Captain27s20Corner20Oct2E2FNov2E
- [3] Gas Masks of WWI. *A Century Of November* [online]. 12. 7. 2009 [cit. 2012-05-17]. Dostupné z: http://acenturyofnovember.com/html/gallery_gasmasks.php
- [4] Plynová maska CM-4 – recenze. *Postapo* [online]. 17. 1. 2012 [cit. 2012-05-17]. Dostupné z: <http://postapo.cz/nutne-k-preziti/obleceni-a-obuv/plynova-mask-a-cm-4-recenze/>
- [5] FLORUS, S. *Prostředky ochrany dýchacích orgánů v armádě : historický přehled. Část I., Ochranné masky k ochraně osob.* 1. vyd. Vyškov : Univerzita obrany, 2006. 127 s. ISBN 80-7231-142-5.
- [6] Personal Protective Equipment. *Antinfortunistica albese* [online]. 6. 11. 2010 [cit. 2012-05-17]. Dostupné z: <http://www.antinfortunisticaalbese.com/ita/sottosottocat.asp?catID=43>
- [7] 3M™ Full Facepiece 7800S(M), Respiratory Protection, Medium, Silicone 1 EA/Case. *Solutions 3M* [online]. 17. 9. 2012 [cit. 2012-05-17]. Dostupné z: http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/en_US/PPESafetySolutions/PPESafety/Personal_Protective_Equipment/Product_Catalog/~/3M-Full-Facepiece-7800S-M-Respiratory-Protection-Medium-Silicone-1-EA/Case?N=4294930978+5011378&Nr=AND%28hrcy_id%3AGS4NR62TD2gs_X9C5QRX8KM_N2RL3FHWVK_GPD0K8BC31gv%29&rt=d
- [8] Personal Protective equipment. *Atlas Fire and Safety Equipment* [online]. 5. 2. 2008 [cit. 2012-05-17]. Dostupné z: <http://atlasfse.com/ISI.php>
- [9] Dräger FPS 7000. *Draeger* [online]. 13. 6. 2012 [cit. 2012-05-17]. Dostupné z: http://www.draeger.com/CZ/cs/products/personal_protection/masks/full_face/cre_fps_7000.jsp
- [10] Ochranná celoobličejová maska CM-6. *Obchod Klimafil* [online]. 2. 9. 2012 [cit. 2012-05-17]. Dostupné z: <http://obchod.klimafil.cz/product/ochranna-celooblicejova-mask-a-cm-6-56/>
- [11] Industry and Crafts. Red Dot [online]. 11. 9. 2011 [cit. 2012-05-17]. Dostupné z: <http://en.red-dot.org/2801.html?cHash=de604dd2dab4c7436cd0188ff4405cba&detail=8192&year=0>
- [12] 31 Rocking Student Design Projects. *Business Week* [online]. 4. 7. 2011 [cit. 2012-05-17]. Dostupné z: http://images.businessweek.com/ss/09/07/0729_IDEA_awards_students/15.htm

- [13] Sidewinder SCBA — does the Empire proud. Lust Object [online]. 7. 4. 2010 [cit. 2012-05-17]. Dostupné z: <http://lustobject.com/2010/04/07/sidewinder-scba-%E2%80%94%20does-the-empire-proud/>
- [14] Obr. 14 – Obr. 20 autor
- [15] Obr. 21 – Obr. 22 ČSN EN 136. Ochranné prostředky dýchacích orgánů – Obličejové masky –Požadavky, zkoušení a značení. Praha: Český normalizační institut, 1998. Dostupné z: <http://shop.normy.biz/d.php?k=53877>
- [16] Obr. 23 – Obr. 37 autor
- [17] Tab. 1 SÝKORA, V. Prostředky pro ochranu dýchacích cest. 1. vyd. Praha : MV-generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2008. 71 s. ISBN 978-80-86640-95-2.

SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

Obr. 1	Respirátor Dräger z roku 1925	14
Obr. 2	Historický respirátor pro hasiče	14
Obr. 3	Anglická maska Small Box Respirator	15
Obr. 4	České masky vzor CM-4	16
Obr. 5	Popis obličejové masky OM-90	21
Obr. 6	Ochranná maska Moldex 9000	22
Obr. 7	Ochranná maska 3M 7800	23
Obr. 8	Ochranná maska Avon Protection Viking Z Seven	24
Obr. 9	Ochranná maska Dräger FPS 7000	24
Obr. 10	Ochranná maska CM-6, Gumárny Zubří	25
Obr. 11	Respirátor 3M Versaflo	25
Obr. 12	Studentský design respirátoru	25
Obr. 13	Koncept respirátoru	25
Obr. 14	Varianta I, skica	27
Obr. 15	Varianta I, vizualizace	27
Obr. 16	Varianta II, skica	27
Obr. 17	Varianta II, vizualizace	27
Obr. 18	Varianta III, skica	28
Obr. 19	Varianta III, vizualizace	28
Obr. 20	Finální varianta	29
Obr. 21	Zorné pole ochranné masky	30
Obr. 22	Rozměry obličejové části lidské hlavy	30
Obr. 23	Ergonomické řešení ochranné masky	31
Obr. 24	Ergonomické řešení upínacího systému	32
Obr. 25	Tvarové řešení ochranné masky	33
Obr. 26	Detail napojení filtrů k lícnici	34
Obr. 27	Detail spodní části lícnice	35
Obr. 28	Tvarové řešení přípojky	35
Obr. 29	Barevné varianty	36
Obr. 30	Kryt průzvučné membrány	37
Obr. 31	Grafické řešení krytu filtru	37
Obr. 32	Grafické řešení krytu výdechového ventilu	38
Obr. 33	Sedlo výdechového ventilu vnitřní masky	38
Obr. 34	Technický výkres	39
Obr. 35	Detail upevnění přípojky	40
Obr. 36	Detail upevnění filtrů	40
Obr. 37	Popis ochranné masky	41
Tab. 1	Normované značení filtrů	19

SEZNAM PŘÍLOH

fotografie modelu (A4)
zmenšený poster (A4)
poster A1
model M 1:1

FOTOGRAFIE MODELU



ZMENŠENÝ POSTER



OCHRANNÁ MASKA

Design protipožárního respirátoru

Tématem této bakalářské práce je design protipožárního respirátoru, konkrétně ochranné masky určené primárně hasičům a záchranářům. Ochranná zařízení dýchacích orgánů ke své funkci využívají filtrační nebo připojení k zásobě respiračního média, při čemž oba uvedené principy vykazují výhody i nedostatky. Z tohoto důvodu obsahuje finální návrh ochranné masky filtry i připojení k zásobě vzduchu. Zásadní přidanou funkční hodnotou představuje integrace filtračního a izolačního principu, které se vzájemně vhodně doplňují, čímž zaručují větší bezpečnost a spolehlivost respirátoru. Finální návrh by svým provedením měl dosahovat funkčnosti srovnatelné s moderními ochrannými maskami určenými pro náročné podmínky použití a zároveň zvýšit estetickou hodnotu výrobku, který byl po této stránce donedávna zanedbáván.



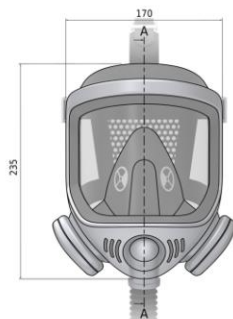
Popis ochranné masky



Řešení upínacího systému



Přední pohled M (1:2)



Řez maskou M (1:2)



Upevnění přípojky



Upevnění filtrů



