

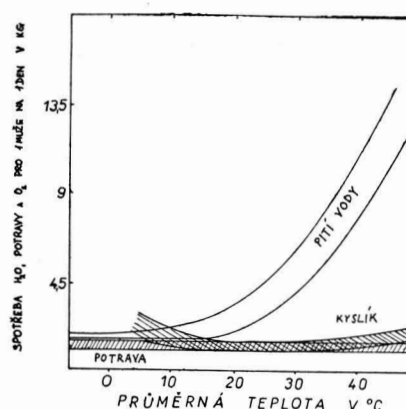
NĚKTERÉ OTÁZKY UMĚLÉ ATMOSFÉRY V HERMETICKÉ KABINĚ

MUDr. Vladimír DOLEŽAL
Ústav leteckého zdravotnictví

Při konstrukci hermetické kabiny kosmické lodi je nutno vycházet ze všech základních fyziologických podmínek existence člověka. Tyto podmínky jsou stejné bez ohledu na povahu okolí. Z tohoto hlediska je nutné pojednat o některých specifických případech, které se vyskytují v umělé atmosféře hermetické kabiny, např. o způsobu regenerace vzduchu (odstraňování přebytečné vody, CO_2 a udržování konstantní teploty) a zásobování kyslíkem.

Existence člověka závisí na rovnováze mezi příjmem potravy a výdejem energie. Zdrojem energie je zde potrava, která v té nebo oné formě produkuje energii oxydací. Přitom jako produkty metabolismu jsou vylučovány vodní páry a kysličník uhličitý. K usnadnění těchto pochodů je také nezbytný příjem vody. Požadavky člověka za různých podmínek (obr. 1) ukazují, že člověk spotřebuje každý den asi 1 kg potravy, 2 l vody a 2,3 kg kyslíku při normální teplotě. Tento celkový příjem stačí pro středně těžce pracujícího na den; z uvedeného množství potravin se uvolní asi 3000 kalorií. Příjem potravy a vody není za normálních podmínek okolím nijak zvlášť ovlivněn. Existence stavu bez tíže vyvolá určitý problém při pití tekutin.

Obr. 1

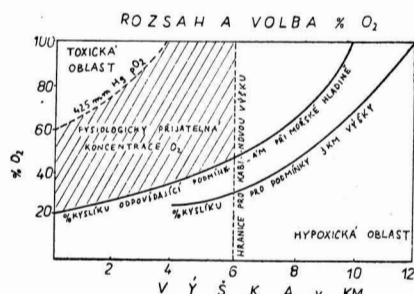


Kyslík

Pro normální oxydaci krve kyslíkem je důležitý dílčí tlak O_2 , ne jeho procentuální obsah. Snížíme-li tlak vdechovaného plynu při dýchání čistého O_2 na 180 mm Hg (odpovídá výšce asi 10 600 m), sytí se krev kyslíkem ještě dostatečně. Snížíme-li tlak kyslíku ve vdechovaném vzduchu na 140 mm Hg (tj. asi 12 000 m), nastane již těžký hypoxický stav vedoucí k bezvědomí a

kolapsu. Horní hranice dílčího tlaku kyslíku je také omezena. Po určité době pobytu člověka v čistém kyslíku, při normálním barometrickém tlaku, se dostaví zánětlivé změny v plicích a jiné příznaky. Je proto možné vytvořit řadu podmínek s různým dílčím tlakem kyslíku, při kterém ani po delší době nedochází k patologickým

Obr. 2



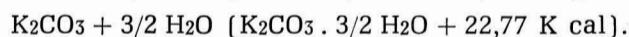
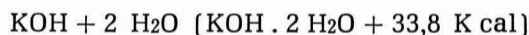
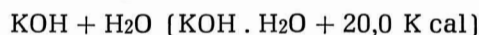
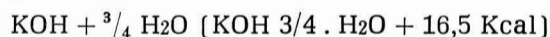
změnám. Obr. 2 ukazuje hranice dílčího tlaku kyslíku podle výšky a kabinovou výšku 6 km, která stanoví hranici pro aeroembolismus, není-li použito preoxygenace a není-li výstup příliš rychlý.

Zdroje kyslíku

Nejvýhodnějším zdrojem kyslíku se zdá být kyslík tekutý, který má proti kyslíku plynnému četné výhody. Váha a objem zařízení pro tekutý kyslík jsou menší, než použije-li se kyslík plyný. 20litrová nádrž na tekutý kyslík o váze 40 kg kryje plně spotřebu 4členné posádky na dobu 7 dnů při ztrátě 0,02 kg/hod. Celková váha nádrže s tekutým kyslíkem včetně odpařovacího zařízení a kyslíkových kontrolních ventilů činí asi 67 kg. Z bezpečnostních důvodů se počítá se dvěma nádržemi o celkové váze 134 kg.

Dalším zdrojem kyslíku jsou tuhé chemické látky (kysličníky alkalických zemin, peroxydy, superoxydy, dále chloridy a perchloridy). Kyslík se z nich uvolňuje působením vody nebo kysličníku uhličitého. Uvolnění kyslíku pro zásobení posádky může být regulováno reakcí s vodou a kysličníkem uhličitým ve vydechovaném vzduchu. Druhá skupina látek uvolňujících kyslík jsou sloučeniny, které ho uvolňují po zahřátí. Kombinace těchto zdrojů kyslíku s absorbentem pro CO₂ je velmi výhodná vzhledem k váze, objemu, dlouhé životnosti a vysokému obsahu kyslíku. V této kombinaci byly již tyto látky použity při výškových letech. Z nejčastěji používaných chemikálií to jsou: peroxyd draslíku a sodíku. Jiné peroxydy, jako např. CaO₄, uvolňují kyslík poměrně málo čistý. Se stoupající atomovou vahou kovů v superoxydu stoupá obtížnost tvorby kyslíku. Nejvýhodnější z těchto sloučenin je KO₂. Je to kanárově žlutá látka, při pokojové teplotě tuhá, která ochlazená na teplotu tekutého kyslíku zbledá. Vyrábí se rozprašováním roztaveného draslíku do suchého vzduchu, přičemž se tvoří žlutý prášek, který je pak lisován do kompaktní hmoty. Během výroby dochází k znečišťování kysličníkem uhličitým a vodními parami vzduchu za vzniku uhličitanu

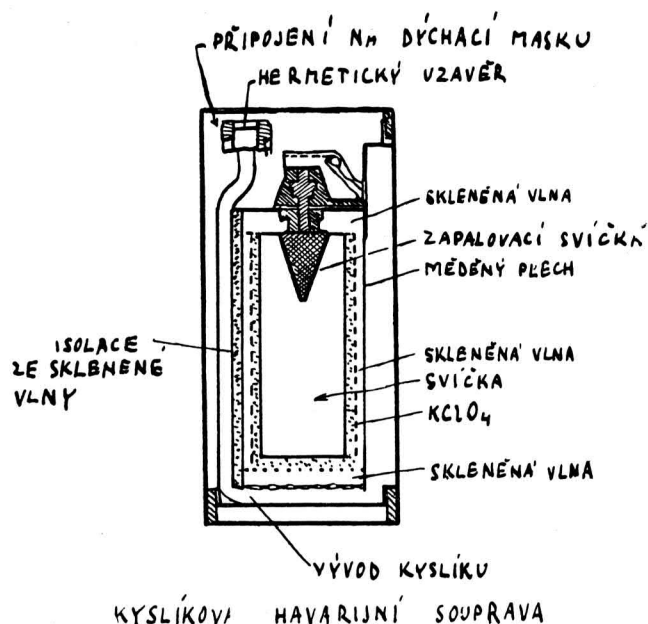
draselného a louhu draselného. Těchto látek je v uvedené sloučenině méně než 2 %. Z 1 g KO₂ se uvolní 224 cm³ kyslíku. Některé reakce, při nichž se uvolňuje kyslík, probíhají pravděpodobně takto:



Rovnováha mezi karbonáty, bikarbonáty a tvorbou vody není známa, proto tepelná rovnováha nemůže být vypočítána. Přibližně stejné množství KO₂ a LiOH může odstranit stejné množství kysličníku uhličitého, ale KO₂ kromě toho vyvolává kyslík ke krytí metabolických potřeb.

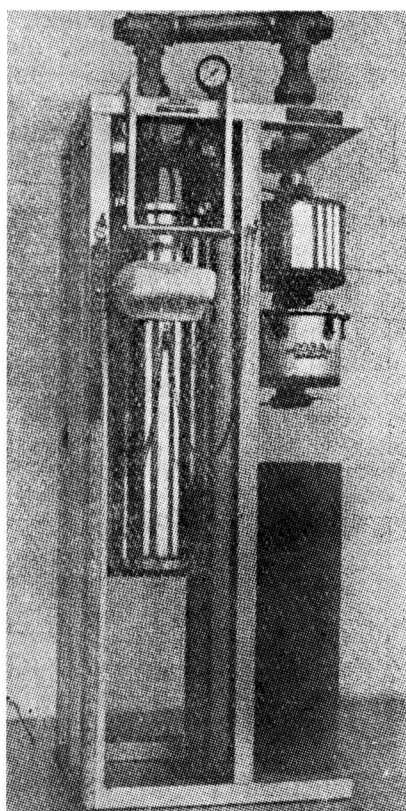
Jako velmi vhodného zdroje kyslíku může být použito perchlorátové svíčky. Je složena z chloridu sodného, anorganického adsorbentu, kového prášku (např. vodíkem redukované železo), peroxydu barnatého a zdroje tepla. Nepatrné množství chloru, které by mohlo vzniknout, se slučuje s peroxydem barnatým. Všechny látky v perchlorátové svíčce musí být v rovnováze, aby vyvolaly žádaný poměr zápalnosti. Všechny tyto hmoty jsou smíchány s vodou. Výsledná masa má hustotu 2,4 a obsahuje přibližně 40 % kyslíku na jednotku váhy. Množství vzniklého kyslíku je přímo úměrné hořící ploše a doba vyvíjení kyslíku je přímo úměrná délce svíčky. Svíčky mohou být formovány v různých rozměrech, aby mohly poskytnout kyslík podle potřeby. Tak kyslíková kapacita perchlorátové svíčky o rozměrech doutníku by mohla zásobit člověka po dobu přibližně 15 minut. Zapálení svíčky může být provedeno např. elektrickou jiskrou. Hoření svíčky je velmi pravidelné a její životnost je neomezená. Bylo zjištěno, že se dají skladovat i po dobu 15 let bez jakékoliv ochrany, aniž došlo k nějakým znatelným změnám.

Superoxyd draslíku byl použit v samostatných dýchacích přístrojích již před 15 lety, tedy ke konci druhé světové války. Dnes se jich v některých státech používá např. při důlních záchranných operacích. Byly také použity horolezeckými expedicemi. Pro metabolickou potřebu 2 mužů po dobu 6 hodin stačí jedna nádrž s KO₂ o váze 850 g. Tento aparát se označuje jako kyslíkový generátor. Dobře zkonstruovaný vyvíječ kyslíku nejen dodává tento plyn, ale odstraňuje i CO₂ a vodní páry. Kyslík se může uvolňovat také reakcí KO₂ s vodou. Dýcháním uvolněný CO₂ se absorbuje roztokem KOH, který přitom vzniká. Zbývající voda může být po regeneraci a vyčištění použita k pití. První aparáty, v nichž bylo použito kyslíkových svíček jako zdroje kyslíku, byly použity pro zásobení letce kyslíkem až do výše 14 000 m (viz obr. 3). Bylo jich použito ke konci druhé světové války některými státy ve vojenském letectví. Malý tlakový hořák (obr. 4) je schopen vyvinout 1 m³ kyslíku během 5 minut. Vznikající kyslík je lékařsky čistý. Obr. 5 ukazuje přenosný kyslíkový generátor, jenž se skládá z hořáku, nádrže na svíčky, která vyvíjí 1 m³ kyslíku/hod. Hořák i rezervoár jsou



Obr. 3

konstruovány na tlak 50 atm. Tyto svíčky byly použity ve druhé světové válce v bombardovacích letounech. Při zacházení se superoxydem draselným a perchlorátovými svíčkami je nutno zachovat stejná bezpečnostní opatření jako při zacházení s plyným nebo tekutým kyslíkem. KO_2 je silný loup a nesmí přijít do styku s kůží.

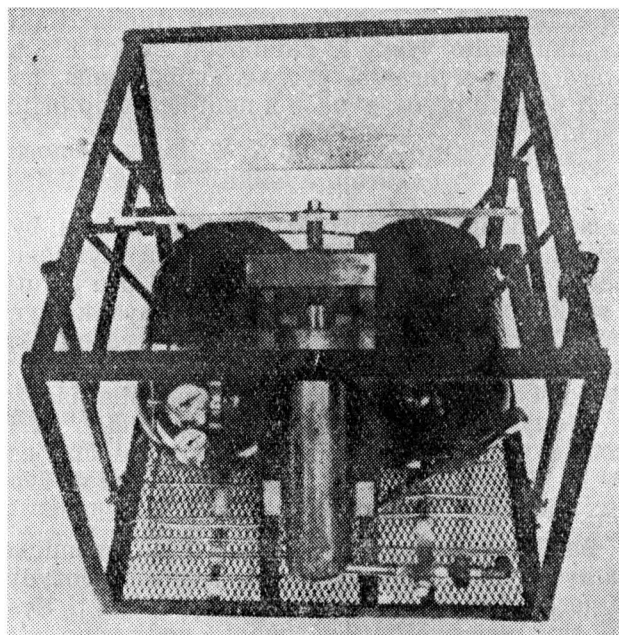


Obr. 4

Perchlorátový vyvíječ kyslíku

Při zacházení s touto látkou nutno používat gumových rukavic a dýchačů proti prachu, který dráždí sliznice. Využité nádrže s KO_2 a vyhořelé svíčky se mají inaktivovat ponořením do vody.

Superoxydu draselného a chlorečnanu sodného ve svíčkách může být použito jako prostředků udržujících v malém uzavřeném prostoru stálou atmosféru. Superoxyd draselný velmi dobře uvolňuje kyslík a váže vydechovanou vlhkost a kysličník uhličitý. Při pokusech, které byly provedeny na malých zvířatech uzavřených v komůrce o objemu 2000 cm^3 a na dvou lidech v komoře o objemu 0,6 m^3 , plně uspokojovaly jejich požadavky na metabolickou spotřebu kyslíku. Vydechovaný vzduch byl prosáván nádrží s KO_2 , přičemž se uvolňovalo dostatečné množství kyslíku. Kysličník uhličitý, zápachy a část vodních par se přitom vázaly. Svíčky z chlorečnanu draselného obsahují objemově stejné množství kyslíku jako tekutý kyslík.

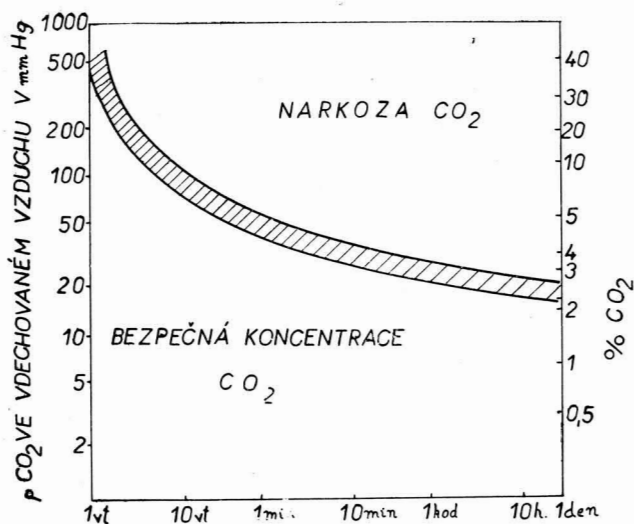


Obr. 5

Kyslíkový generátor

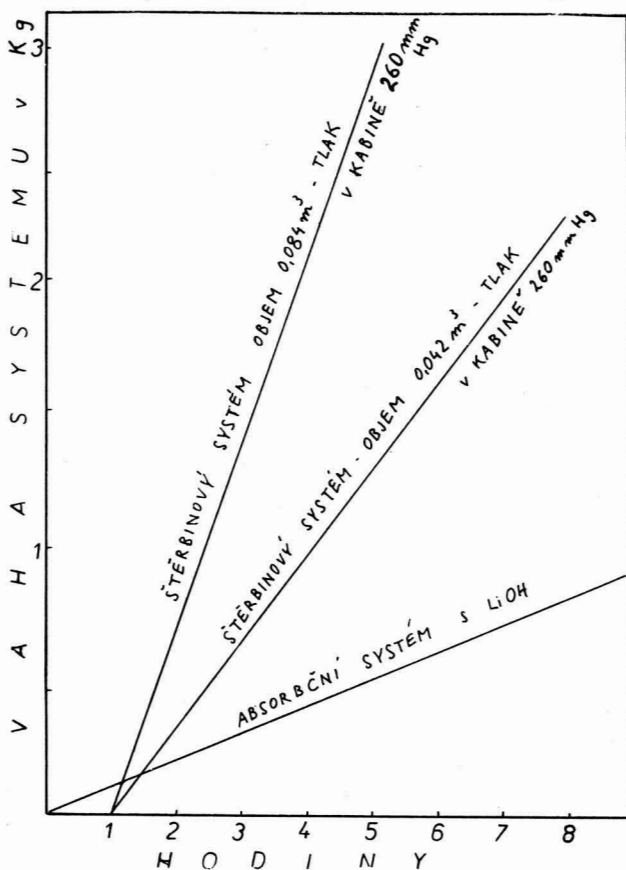
Kysličník uhličitý

Schopnost plic odstranit tuto zplodinu je závislá na dílčím tlaku tohoto plynu ve vdechovaném vzduchu. Na obr. 6 je znázorněn různý tlak kysličníku uhličitého a doba, během níž člověk může tento plyn dýchat za předpokladu, že při mořské hladině je 0,03 % CO_2 . Pro dlouhodobý pobyt člověka v malém uzavřeném prostoru, pobyt člověka v kosmické stanici a při práci ve skafandru se doporučuje udržovat CO_2 na menší hodnotě než 4 mm Hg. Podle nejnovějších výzkumů bylo totiž zjištěno, že maximální přípustná koncentrace CO_2 ve vdechovaném vzduchu nemá přesahovat 1 %. Pro krátkodobý let může být pro odstraňování CO_2 použito LiOH . Tak např. 4 muži vyloučí za hodinu asi 250 g CO_2 , což za 7 dní činí 35–40 kg. Pro absorpci tohoto množ-



Obr. 6.

ství je zapotřebí 16 kg LiOH. K této váze je nutno připočítat asi 13 kg na nádrž. Absorpce je přitom téměř úplná. Během pohlcování se uvolní asi 86 kalorií v podobě tepla. Otázka váhy v systémech pro absorpci těchto látek nabývá zvlášť velkého významu v plánech při konstrukci kosmické stanice. Tak např. 10 mužů v kosmické stanici by vyloučilo za 6 měsíců asi 6000 kg CO₂, což by vyžadovalo asi 3000 kg LiOH. Tato čísla ukazují ohromnou váhu, se kterou je nutno v těchto plánech počítat.



Obr. 7.

Pro udržování a odstraňování CO₂ byly navrženy tyto metody: vymrazování, chemická absorpce, adsorpce a difuze. Obr. 7. ukazuje srovnání váhy systémů pro kontrolu a absorpci CO₂ v závislosti na době letu.

Vymrazování

V poslední době bylo navrženo vymrazování CO₂ v hermetických kabinách jako nejvýhodnější způsob odstraňování tohoto metabolitu. Kabinovou koncentraci je nutno udržovat za všech podmínek pod 1 %. Pro vymražení CO₂ v normální atmosféře je zapotřebí teploty -79 st. C při tlaku, který je 20krát větší, než je jeho dílčí tlak. Při této malé koncentraci CO₂ a nízké teplotě zkapalní také dusík a kyslík. Oddělení těchto plynů je možné obráceným pochodem, tj. odpařením kyslíku a dusíku před tím, než se CO₂ resublimuje.

Chemická absorpce

Chemických absorpčních systémů na odstranění kyslíčnicku uhličitého se hojně používá v ponorkách a u potápěčů. Hydroxydy mají velkou afinitu k CO₂, s nímž se slučují na karbonáty za uvolnění vody a tepla. Nejvýhodnějším z nich je LiOH. 2,24 kg této látky může absorbovat produkci kyslíčnicku uhličitého jednoho člověka za 1 den, tj. asi 0,054 kg/hod. Kyslíčnick uhličitý se dá také absorbovat monoetanolaminem. Vydechovaný vzduch se touto látkou probublává, přičemž se absorbuje téměř všechen CO₂. Vyčerpaný monoetanolamin se může opět regenerovat.

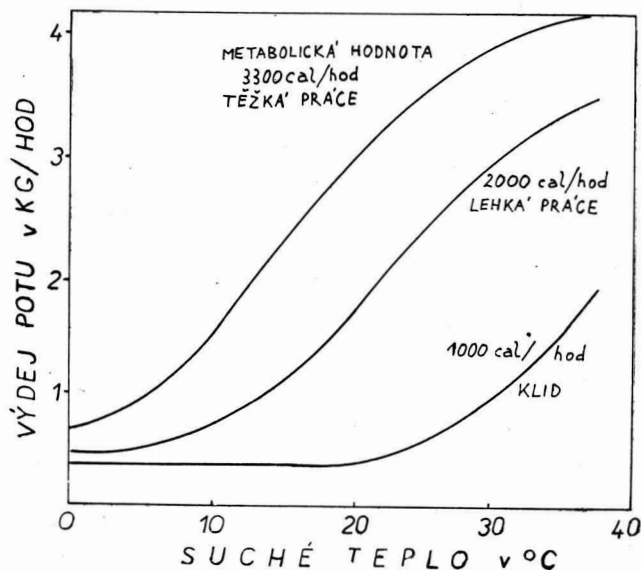
Dalším krokem v kontrole dílčího tlaku kyslíčnicku uhličitého je jeho adsorpce s možností regenerace. Některé adsorbenty včetně silikagelu, aktivovaného dřevěného uhlí a alumina byly již zkoušeny pro využití adsorpce CO₂. Byly také vypracovány metody na adsorpci a regeneraci adsorbentů.

Při difuzní metodě odstraňování CO₂ v hermetickém prostoru se využívá zákona Grahamova, podle něhož difuze CO₂ skrze porézní hmotu je o 0,81 větší než u vzduchu. Tlak v kabině by se udržoval na potřebné hodnotě stálým doplňováním kyslíkem, přičemž vhodně dimenzovanými otvůrkami ve stěnách kabiny by přebytečný plyn včetně kyslíčnicku uhličitého unikl.

Vodní páry

Vliv okolí na výdej vody z plic a kůže, kromě moči, je znázorněn na obr. 8. Výdej vodních par plicemi je za všech podmínek stálý. K tomu se musí připočítat voda vyloučená kůží, která hraje velkou roli, má-li se organismus zbavovat tepla buď při zvýšené aktivitě, nebo je-li v nepříznivých podmínkách. Kožní perspiraci se vyloučí pot obsahující 99 % vody, dále uhličitán sodný, sulfáty, glukóza, kyselina mléčná a močová, kyslíčnick uhličitý a amoniak. Z hlediska konstrukce kosmické kabiny se musí počítat s odstraňováním asi 113 g vody za hodinu pro každého člena posádky. K zachování optimální aktivity organismu je nutno udržovat v prostředí teplotu kolem 21 st. C. Tuto teplotu musí mít i stěny kabiny, přičemž vzestup teploty jedné z nich musí mít za následek pokles druhé. Tep-

VÝDEJ POTU V RŮZNÝCH PODMÍNKÁCH



Obr. 8.

lota má být udržována v rovnováze s činností člověka. Např. vyšší teplota je nutná v klidu, při práci je lepší teplota nižší. Nejvýhodnější je 50% relativní vlhkost. Na obr. 9 jsou vyznačeny teploty a nepříznivé podmínky, které může člověk snést ještě bez větších obtíží. Nejjednodušším způsobem odstraňování vody je její kondenzace. Podle možností by se tato voda mohla opět předestilovat a znovu využít.

Kontrola teploty

Zdroje tepla v hermetické kabině jsou elektrická zařízení, teplo uvolňující se chemickými reakcemi, teplo vznikající třením mechanických systémů a tepelná produkce pasažérů. Vedle vlastního ochlazovacího systému (např. ochlazení vypařováním vody) bude konečná teplota v kabině záviset na stupni vyzařování teploty směrem do prostoru. Efektivní teplota tohoto tepelného spádu se může značně měnit v závislosti na blízkosti Země, Měsíce a ostatních nebeských těles. Nejvýhodnější směr vyzařování tepla je směrem do hvězdného prostoru, kde je efektivní teplota $-273,16$ st. C. Méně výhodný je směr radiace směrem k Zemi, kde je průměrná teplota $4,5$ st. C. Vyzařování tepla směrem ke Slunci je nejméně výhodné. Zachování stále teploty v hermetické kabině bude značně obtížné. Můžeme si udělat několik výpočtů, abychom získali aspoň přibližnou představu o hodnotách a ochlazovacích problémech kabiny. Představme si sférickou kabinu o průměru 2 m (povrch $12,56$ m²), dále si představme, že vnější povrch ($6,28$ m²) poloviny kabiny je vystaven nejvýhodněji vzhledem k možnosti vyzařování tepla radiací. Zbývající polovina je orientována ke Slunci, kromě krátké doby, kdy na ni dopadá stín blízkého tělesa. Člověk uvolní v kabině kolem 500 kalorií/hod. Je-li udržování teploty v kabině závislé jen na pasivním způsobu ochlazení (tj. schopnosti vyzařovat teplo), a tepelná produkce je menší než 500 kalorií/hod., pak k zachování konstantní teploty stačí radiční

plocha $1,5$ m² při nejprůhodnější orientaci v prostoru a asi $2-2,5$ m² při orientaci směrem k Zemi.

Předpokládá se, že nejvýhodnějším teplotním systémem v kabině bude použití ochlazovacího odpařovacího systému. Výhodný ochlazovací systém je takový, který nevyžaduje žádnou zásobu energie a jehož počáteční váha je funkcí celkové teploty, jež musí být odstraněna. Při tomto způsobu ochlazení se bude pravděpodobně používat vody ve skupenství tuhém i tekutém.

Toxické látky

Zápachy pocházejí hlavně z mastných kyselin a sirovodíku obsaženého ve střevních plynech. Toxické hranice je dosaženo po velmi dlouhé době, takže odstraňování zápachu se bude provádět hlavně z hlediska estetického a pro pohodlí pasažérů. Amoniak je přítomen v moči. Ačkoliv přípustná hranice je stanovena na $0,01$ %, je tento plyn cítit již v koncentraci $0,005$ %. Na druhé straně je koncentrace $0,04$ % již nebezpečná, jelikož působí dráždění sliznic. Při konstrukci kabin a různých zařízení se má použít materiálu, který není při hoření nebezpečný. V případě hoření nátěrů, oděvů nebo vnitřního zařízení musí být hašení prováděno bez nebezpečí tvorby toxických látek, např. fluorohydrokarbonátů a jiných. Olejů a mazadel se má používat v minimálním množství, poněvadž výbuch těchto látek je stejně tak nebezpečný (tvorí se různé estery a formaldehydy).

Kontrola celkového tlaku a složení umělé atmosféry

Je několik faktorů, které ovlivňují celkový tlak v kabině a složení plynů pro zásobení posádky. Fyziologické faktory: Vzhledem k nebezpečí hypoxie je nutno udržovat dílčí tlak kyslíku ve vdechovaném vzduchu na minimální hodnotě 160 mm Hg. Dalším faktorem je aeroembolismus. Pokles tlaku v kabině na tlak, který odpovídá výšce větší než 7500 m, je nežádoucí a může vést při dekompresi k patologickým následkům. To je důvodem pro stanovení tlakových hranic. Předpokládá se, že v komorách budou lidé nosit záchranné skafandry a pouze v období normální práce zůstane přilba otevřena. V případě nebezpečí různého druhu dekompresí se lícnice přilby ručně nebo automaticky uzavře a současně se nafoukne oblek (skafandr). U prvních typů kosmických kabin bude nošení skafandru pro záchranu člověka nezbytné. Nejzávažnějším nebezpečím pro pasažéry během nečekané dekompresí je možné poranění vzhledem k rychlé expanzi plynů v tělesných dutinách. Stupeň poškození zdravého člověka při dekompresi bude záviset na množství expandovaných tělesných plynů, na hustotě vzduchu v okamžiku dekompresí, na tlakových rozdílech a na době dekompresí. Největší stupeň dekompresí se objevuje v kabinách s velkým tlakem. Z tohoto hlediska se doporučuje udržovat v kabinách nízký tlak. Bez ochranného tlakového zařízení (skafandru) by nečekanou dekompresi pasažéři nepřežili. V případě malé a včas zjiště-

né dekomprese může posádka netěsnost nebo otvor včas lokalizovat a utěsnit, nebo ukončit záchranné práce dříve, než tlak v kabině klesne na kritické hodnoty.

Výškové ohraničení v kabině je závislé na množství dusíku rozpuštěného v krvi, který je zase závislý na složení vzduchu dýchaného po několik hodin před dekompresí. Nebezpečí bude značné, uvážíme-li, že člověk bude v kabině, která je prakticky obklopena vakuem. Při práci na Měsíci bude člověk chráněn pouze skafandrem, takže sebemenší netěsnost může vést po kratší nebo delší době k těžkým projevům aeroembolismu i ebulismu. Nebezpečí aeroembolismu se dá do jisté míry předejít vhodně volenou dýchací směsí. Ve skafandrech se bude pravděpodobně dýchat čistý kyslík, což by bylo z tohoto hlediska nejvýhodnější. V kabinách bude vzhledem k nebezpečí ohně a exploze nutno použít také interních plynů, a to především helia. Helium má vysokou difuzibilitu, špatně se rozpouští v tucích a rychle se při dýchání z těla vylučuje. Při dekompresi se vylučuje z těla o 75 % rychleji než dusík. Obsah helia nasyceného ve tkáních činí za stejných podmínek jen 40 % jejich dusíkové kapacity (8 ml helia ve srovnání s 18 ml dusíku na 1 kg tělesné váhy). Je to v důsledku menší rozpustnosti tohoto plynu v tucích a tukových látkách, zdroji nebezpečného druhého sledu agregovaného dusíku. V nich se helium rozpouští 4,5krát méně než dusík. Tkáně obsahující mnoho vody, např. krev, hladké svalstvo, absorbují 1,5krát více dusíku než helia.

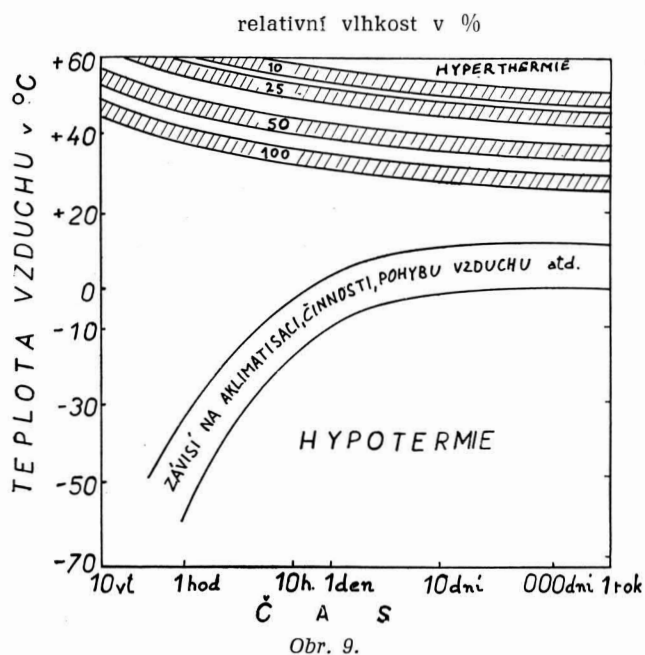
Složení zásobních plynů

První typy kabin byly konstruovány tak, že celkový tlak vzduchu v nich se snižoval na minimum. Přitom se používalo buď atmosféry s vysokým obsahem kyslíku nebo čistého kyslíku. Tím se mělo předejít hypoxii a aeroembolismu. V těchto podmínkách však hrozilo nebezpečí ohně. Proto se používalo směsi dvou plynů, nejčastěji dusíku nebo helia. Při šterbinové ventilaci hermetické kabiny se před začátkem letu kabina vyplní vlastními dílčími plyny. Přitom je nutno mít na zřeteli, že změny dílčího tlaku kyslíku nejsou jedinými změnami vyvolávajícími posuny celkového tlaku v kabině při dané teplotě. Kromě tohoto plynu se uplatňují CO₂ a vodní páry. Tlak v kabině se pak udržuje na vhodné výši pouze kyslíkem, který se spotřebovává při metabolismu.

Skladování plynů je možné provést několika způsoby:

1. skladování v plynné formě a při zvýšeném tlaku,
2. skladování v tekutém stavu ve speciálních nádržích,
3. skladování v chemických sloučeninách s vysokým obsahem kyslíku.

Kyslík používaný v letectví, jakož i ostatní plyny byly skladovány při tlaku 150 atm. po dobu mnoha let. Použije-li se lepšího materiálu a techniky, je možné použít kovových lahví s pracovním tlakem 1000 atm. Toho bylo v praxi využito u některých raket. Boyeleův ideální zákon plynů



vyhovuje velmi dobře při tlacích do 250 atm. Od tohoto bodu se plyny chovají odlišně. Váha láhve pro skladování určitého množství plynu zůstává relativně stálá při stoupajícím tlaku až k bodu, kde neideální chování plynů je signifikantní. Nad tuto mez váhové zatížení nabývá již na významu. V kabinách pro více pasažérů nebo při cestě rozpočtené na delší dobu je výhodnější použít zásob tekutých plynů. Pro krátké cesty tyto způsoby nejsou výhodné. Zařízení pro odpařování a kontrolu tlaku a hladiny tekutin jsou poměrně těžká. Skladování tekutých kyslíků se neustále vypařuje, nezávisle na hodnotě použití. Z tohoto důvodu se musí skladovat velké množství tekutin, aby se nahradily ztráty vzniklé odpařováním, kdy se hodnota využití nerovná hodnotě odpařování, a je větší. Množství odpařování je větší u malých nádrží, protože mají velký povrch, a tudíž i větší tepelný spád. Při použití tekutého kyslíku v beztřížném stavu je nutná speciální technika. Tyto problémy se nyní řeší ve výzkumu. Třetí možnou metodou pro skladování kyslíku je použití tuhých látek, jak bylo shora řečeno.

Dnes jsou již četné problémy udržení umělé atmosféry v hermetických kabinách, jakož i skafandry, tak dalece vyřešeny, že plány na lety člověka do kosmického prostoru jsou již reálné.

Uvažuje se i o vybudování základny na Měsíci jak k účelům vědeckého pozorování, tak i pro účely vojenské.

Otázka dlouhodobého pobytu člověka v kosmickém prostoru, např. v kosmické stanici, která by obíhala kolem Země, je zatím ve výzkumu. Pro tyto účely má být vypracován uzavřený ekologický systém s rostlinami a zvířaty.

Pisemnictví

1. Sternfeld A: Ot iskusstvennykh sputnikov k mežplanetnym pole-tam. Gos. izdat. fiziko-matem. literatury, Moskva 1959.
2. Still EW: Brit. Interplan. Soc., 17, 8, 237—274, 1960.
3. Jacobson SL: Aerospace Med., 31, 5, 388—406, 1960.
4. Bovard RM: Aerospace Med., 31, 5, 407—412, 1960.
5. Capek D: Fysiologie letce, Naše vojsko, 1949.
6. Raketnaja technika, č. 7, 8, 1958.
7. Fulton JF, Hitch-coch FA et al.: Decompression sickness, Saunders Compagny, Philadelphia 1951.
8. Submarine Med. Practise, NAVMED-P, 5054, Washington, 1956.