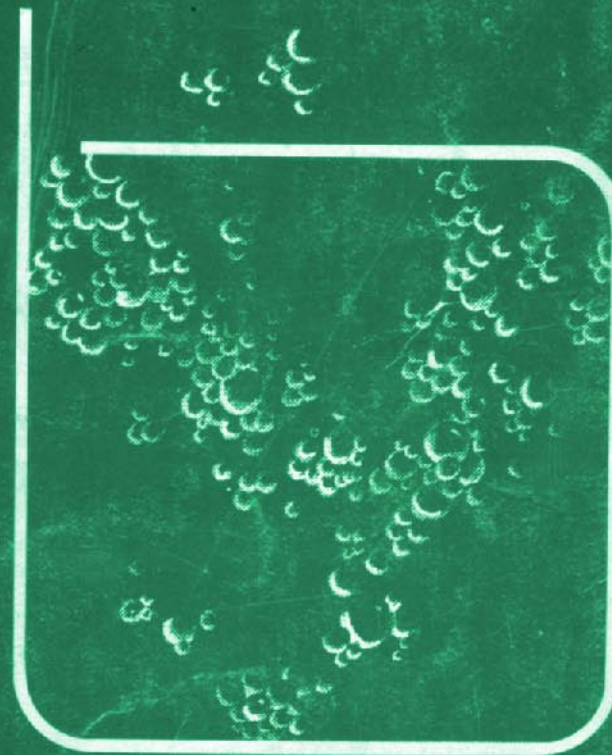


potápěčská dýchací technika ve schématech

ING. BŘETISLAV VAISAR



ÚV SVÁZU PRO SPOLUPRÁCI S ARMÁDOU

Účelová edice ÚV Svazarmu
Knižnice zájmové, branně technické a sportovní činnosti
Řídí Nina Erbenová

Potápěčská
dýchací technika
ve schématech

Vydal ústřední výbor Svazu pro spolupráci s armádou
v Praze roku 1987 jako svoji 2897. publikaci, 40 stran,
22 obrázků.

Zpracoval Ing. Břetislav Vaisar

Lektorovali Jan Jahns a Oldřich Lukš
Obálku navrhl Zdeněk Papeš
Obrázky podle předlohy zpracoval ing. Vít Abrahám
Odpovědná redaktorka Eva Jedličková
Technický redaktor Jindřich Běhal

Náklad 1 500 výtisků
Publikace je vydána pro vnitřní potřebu Svazarmu
a rozšiřuje se bezplatně.

potápěčská dýchací technika ve schématech

ING. BŘETISLAV VAISAR

OBSAH

1. ÚVOD	7
2. OKRUHY DÝCHACÍCH PŘÍSTROJŮ	8
2.1 Přístroj s otevřeným okruhem	8
2.2 Přístroj s uzavřeným okruhem	10
2.3 Přístroj s polouzavřeným okruhem	12
3. KLASICKÉ (DVOUHADICOVÉ) AUTOMATIKY	14
3.1 Jednostupňová plicní automatika s otevíráním proti tlaku	15
3.2 Jednostupňová plicní automatika s otevíráním po tlaku	16
3.3 Dvoustupňová plicní automatika	17
4. ÚSTENKOVÉ PLICNÍ AUTOMATIKY	18
4.1 První stupeň ústenkové automatiky	19
4.1.1 První stupeň membránový nevyvážený	20
4.1.2 První stupeň membránový vyvážený	21
4.1.3 První stupeň pístový nevyvážený	22
4.1.4 První stupeň pístový vyvážený	23
4.2 Druhý stupeň ústenkové automatiky	24
4.2.1 Druhý stupeň s otevíráním proti tlaku	25
4.2.2 Druhý stupeň s otevíráním proti tlaku vyvrací kuželkou	26
4.2.3 Druhý stupeň s otevíráním po tlaku	27
4.2.4 Druhý stupeň s otevíráním po tlaku a s boční membránou	28
4.2.5 Druhý stupeň s otevíráním po tlaku a s ejektorem	29
4.2.6 Druhý stupeň s vyváženým ventilem	30
4.2.7 Druhý stupeň s membránovým servoposilovačem ..	31
4.2.8 Druhý stupeň se servoposilovačem a s válcovou membránou	32
4.2.9 Druhý stupeň s pístovým servoposilovačem	33
5. REZERVA ZÁSOBY VZDUCHU V LÁHVI	34
5.1 Rezerva s obtokovým ventilem	35
5.2 Rezerva s přímým ovládáním	36
5.3 Rezerva s plnicím ventilem	37

1. Úvod

Sportovnímu potápění se v naší zemi aktivně věnují stovky sportovců - potápěčů. Je to zajímavý a zvláště pro mládež velice atraktivní sport. S rostoucím významem a popularitou sportovního potápění narůstá možnost vzniku potápěčských nehod, a jak ukazuje praxe, některé končí i tragicky.

Jednou z účinných forem boje proti nehodovosti v potápěčské praxi je vysoká úroveň komplexního výcviku potápěčů. Součástí teoretického výcviku potápěče je dokonalá znalost používané techniky. Vývoj potápěčské techniky jde velice rychle kupředu a je proto důležité, aby potápěč dokonale znal funkci své automatiky, dokázal se obezřetně chovat v krizových situacích, případně mohl zvolit vhodný typ nebo vhodnou kombinaci dvou automatik při použití v neobvyklém a mimořádně nebezpečném prostředí jako je např. potápění pod ledem nebo jeskynní potápění.

Tomuto účelu má pomoci i naše stručná přehledová publikace základních prvků potápěčské dýchací techniky ve schématech. Má sloužit jako pomůcka v přípravě sportovních potápěčů ke zkouškám na nižší výcvikové stupně.

Na jednotlivých obrázcích jsou uvedena jednoduchá schémata okruhů dýchacích přístrojů, plicních automatik vzduchového přístroje a rezervy zásoby vzduchu v láhvi přístroje. Schémata záměrně nejsou kreslena jako strojnické výkresy, protože slouží pouze k pochopení funkce a měla by být přístupná a snadno pochopitelná všem potápěčům různých profesí. U některých schémat jsou orientačně uvedeny názvy výrobků.

Jednotlivé oddíly jsou uvedeny velice stručným popisem. K úplnému a přesnému pochopení jednotlivých schémat poslouží výcvikové přednášky a školení zaměřené k této tematice.

2. OKRUHY DÝCHACÍCH PŘÍSTROJŮ

Dýchací přístroje rozlišujeme podle okruhu, kterým projde dýchací směs, na tři základní typy:

- dýchací přístroje s okruhem - otevřeným
- uzavřeným
- polouzavřeným.

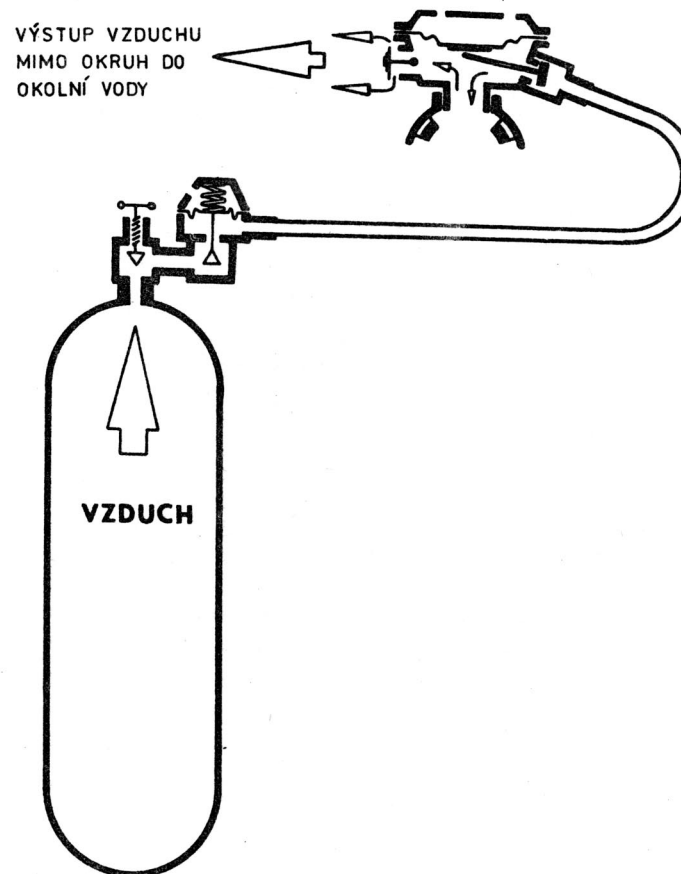
Pro rozlišení těchto tří základních typů, je určující okolnost, zda vydechnutá - již použitá dýchací směs je vyvedena mimo okruh do okolní vody nebo je po určité regeneraci použita znovu, případně zda je zčásti vyvedena mimo okruh a zčásti je regenerována pro opětné použití.

2.1 Přístroj s otevřeným okruhem

U tohoto dýchacího přístroje vdechuje potápěč dýchací směs - zpravidla vzduch - z tlakové láhve přes plicní automatiku, která samočinně reguluje dodávku vzduchu podle potřeb organismu potápěče a vydechuje jej přes výdechový ventil do okolního prostředí (tj. do vody). Jednou vydechnutý vzduch odchází mimo dýchací okruh, přestože obsahuje ještě dost kyslíku a uniká k hladině a do ovzduší.

K přístrojům s otevřeným okruhem patří nejen většina přístrojů s plicní automatikou, ale i přístroje s kontinuálním průtokem vzduchu (přilbový potápěč).

2.1 PŘÍSTROJ S OTEVŘENÝM OKRUHEM



2.2 Přístroj s uzavřeným okruhem

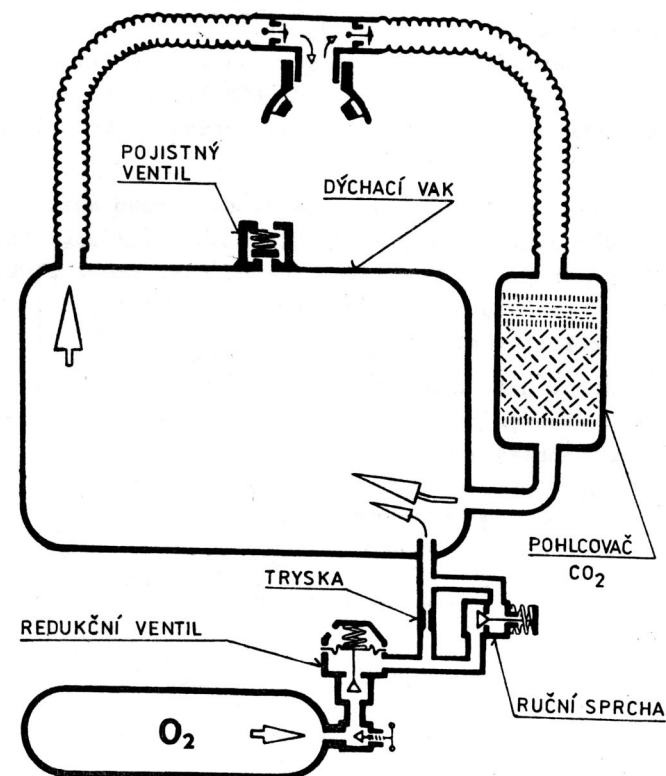
V tomto přístroji je již jednou použitá dýchací směs znovu regenerována a opět použita k dýchání.

Při výdechu potápěče proudí vydechnutá směs spolu s oxidem uhličitým a vlhkostí (produkovanými organismem potápěče) přes směrový ventil výdechovou hadicí do pohlcovače. Tam se zbavuje kysličníku uhličitého (CO_2) a vrací se zpět do dýchacího vaku, kde je doplněno spotřebované množství kyslíku. Takto regenerovaná směs proudí znovu do náustku a do plic potápěče - tím je okruh uzavřen.

Typickým a nejjednodušším příkladem je kyslíkový dýchací přístroj. Spotřebovaný kyslík je zde doplňován stálou dávkou redukčního ventilu v množství okolo 1,5 litru za minutu rozšířeným o ručně ovládanou dodávku kyslíku (sprcha). Na dýchacím vaku bývá i páka automatiky sloužící výhradně k napuštění kyslíku do vaku v případě, že se jeho objem zmenší pod objemové minimum např. při hlubokém vdechu nebo při sestupu do hloubky. Dýchacím médiem v tomto přístroji není směs plynů, nýbrž pouze čistý kyslík. Dodávku stálého množství kyslíku do vaku zajišťuje redukční ventil spolu s tryskou.

Kromě tohoto základního typu kyslíkového přístroje existují také kyslíkové dýchací přístroje s chemicky vázaným kyslíkem, který je uvolňován buď chemickou reakcí a vydechovaným CO_2 a vlhkostí nebo termickým rozkladem sloučeniny bohaté na kyslík. Dále používáme kyslíkové dýchací přístroje se zásobou kyslíku kapalného.

2.2 PŘÍSTROJ S UZAVŘENÝM OKRUHEM



2.3 Přístroj s polouzavřeným okruhem

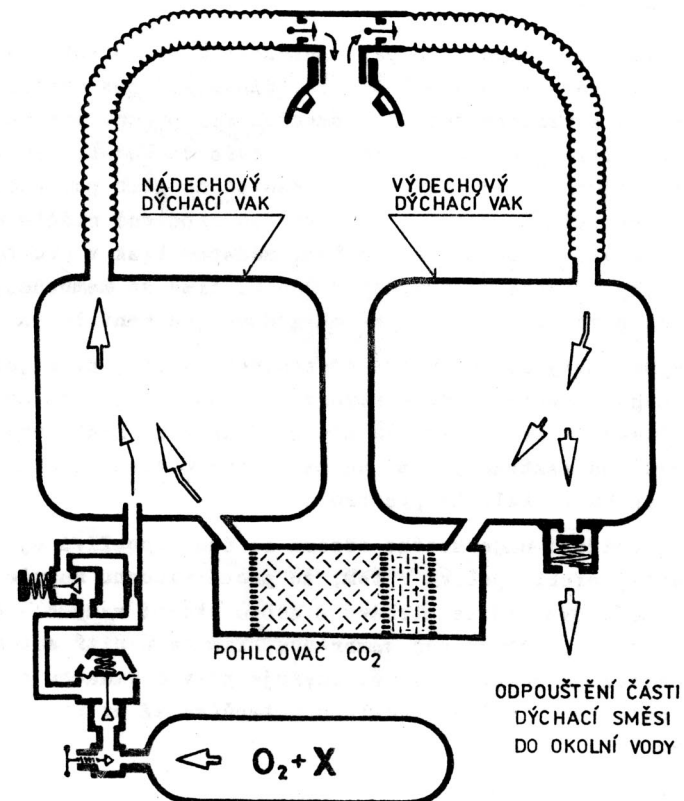
Jde o kombinaci obou popsaných systémů, přičemž základem je uzavřený okruh.

V tlakové láhvi je zásoba předem namíchané směsi kyslíku a inertního plynu (v obrázku označen jako X). Protože se změnou hloubky se mění i parciální tlak kyslíku, musí se při míchání dýchací směsi přistoupit k určitému kompromisu, kdy je směs namíchána tak, aby byl parciální tlak kyslíku pro danou hloubku použití udržen ve fyziologicky přípustných mezích.

Protože u tohoto přístroje je do okruhu dávkována dýchací směs a ne pouze kyslík, který tělo potápěče spotřebovává, je nutné, aby po každém vdechu část směsi z okruhu unikla a byla nahrazena čerstvou směsí z tlakové láhve - proto polouzavřený okruh.

Podobně jako u přístroje s uzavřeným okruhem je tento přístroj vybaven pohlcovačem CO_2 a má obvykle dva dýchací vaky - výdechový a nádechový.

2.3 PŘÍSTROJ S POLOUZAVŘENÝM OKRUHEM



3. KLASICKÉ (DVOUHADICOVÉ) AUTOMATIKY

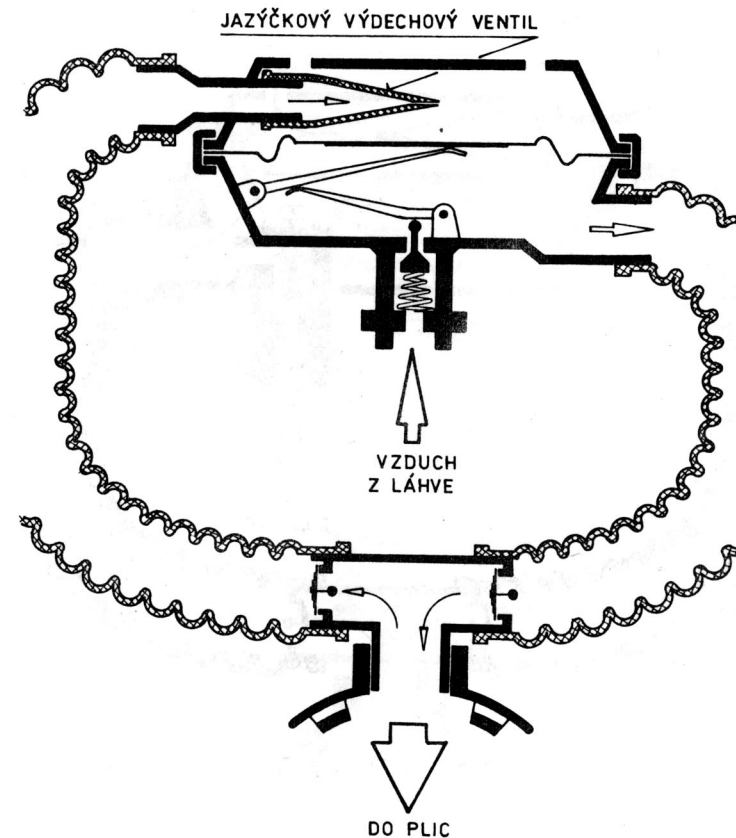
Tyto automatiky jsou stavěny jako jednostupňové nebo jako dvoustupňové. Hovoříme o počtu stupňů redukce tlaku vzduchu z láhve na dýhací tlak odpovídající tlaku okolního prostředí.

Dávkování vzduchu do plic potápěče probíhá tak, že v okamžiku nádechu dojde k snížení tlaku vzduchu uvnitř automatiky a vzniklý rozdíl tlakových sil prohne membránu dovnitř, která přes pákový převod otevře dávkovací ventil tak, že vzduch proudí nádechovou hadicí do plic potápěče v odpovídajícím množství a o tlaku jen nepatrně nižším než je tlak okolí. V okamžiku ukončení nádechu tlak v prostoru automatiky vzroste na původní hodnotu, čímž se membrána vrátí do původní polohy a průtok vzduchu se ventilem uzavře.

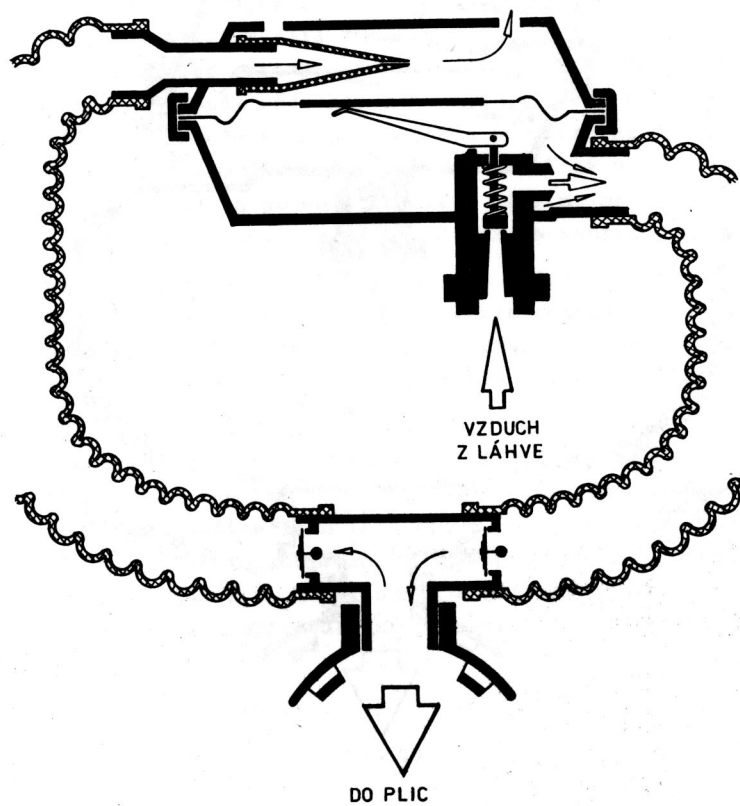
Vydechnutý vzduch uniká výdechovou hadicí, přes jazýčkový výdechový ventil a dále otvory v krytu automatiky do okolní vody. Otvory v krytu zároveň slouží k přenosu tlaku okolního prostředí na membránu, čímž se zachovává rovnost tlaku dýchaného vzduchu a okolního prostředí.

Ke snížení nádechového odporu se často používá ejektoru. Ejektorový efekt spočívá v tom, že proud vzduchu nasměrovaný do nádechové hadice strhává s sebou okolní vzduch - doslova jej vysává z prostoru pod membránou. Tím je uvnitř automatiky uměle vytvářen podtlak, který udržuje přívod vzduchu otevřený i bez dalšího vytváření podtlaku potápěčem až do ukončení nádechu.

3.1 JEDNOSTUPŇOVÁ PLICNÍ AUTOMATIKA S OTEVÍRÁNÍM PROTI TLAKU

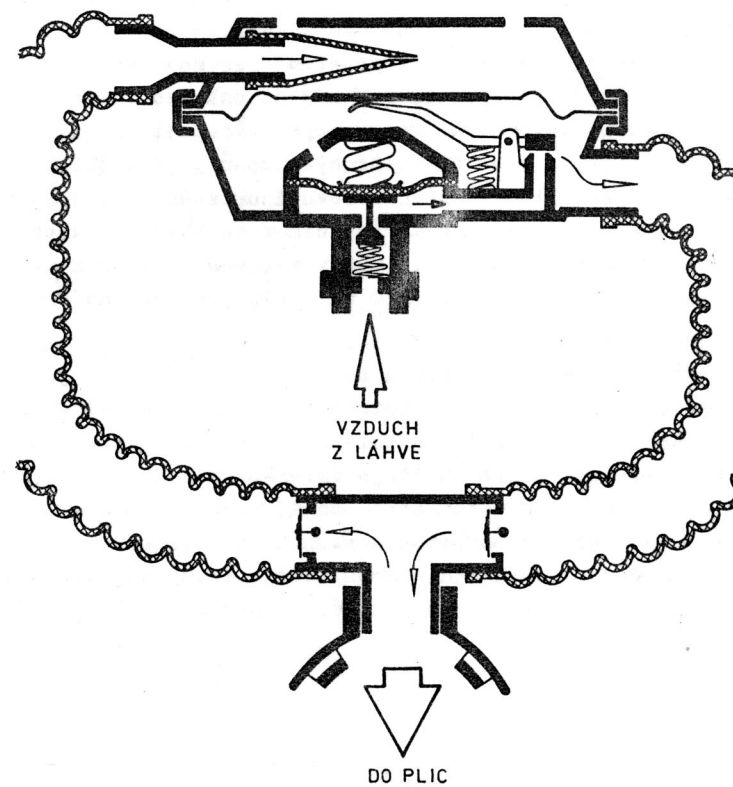


3.2 JEDNOSTUPŇOVÁ PLICNÍ AUTOMATIKA S OTEVÍRÁNÍM PO TLAKU - S EJEKTOREM



3.3 DVOUSTUPŇOVÁ PLICNÍ AUTOMATIKA

- 1. STUPEŇ MEMBRÁNOVÝ, OTVÍRÁNÍ PROTI TLAKU
- 2. STUPEŇ OTVÍRÁNÍ PO TLAKU



4. ÚSTENKOVÉ PLICNÍ AUTOMATIKY

Ústenkové automatiky se konstruuji zásadně jako dvou-
stupňové. Na rozdíl od klasické dvoustupňové automatiky
je u ústenkové automatiky první a druhý stupeň oddělen
a je vzájemně propojen středotlakou hadicí.

První stupeň, podobně jako klasické automatiky, se
připojuje třmenem nebo šroubením k ventilu zásobní tlakové
láhve. Tlak vzduchu z láhve přístroje se nejprve redukuje
v prvním stupni automatiky a z něj je pak vzduch veden
středotlakou hadicí k druhému stupni redukujícímu tlak
na tlak okolního prostředí. Druhý stupeň je v těsné blízkosti
náustku (ústenka) a je na něm rovněž umístěn i výdechový
ventil opatřený krytem usměrňujícím vydechovaný vzduch
do stran. Druhý stupeň bývá někdy vybaven ejektorem nebo
pneumatickým servoposilovačem za účelem snížení nádechových
odporů.

Poměrně značnou výhodou ústenkových automatik je proti
klasické automaticce jen nepatrná závislost nádechového odpo-
ru na poloze potápěče a instalovaná vzduchová sprcha na krytu
druhého stupně, která umožňuje vyfouknutí vody z náustku
při nasazování pod vodou apod. Další výhodou ústenkové auto-
matiky je u některých prvních stupňů možnost připojení jedné
i více středotlakých hadic pro záložní druhý stupeň, napájení
kompenzátoru vztlaku apod. - tzv. systém OCTOPUS.

4.1 První stupeň ústenkové automatiky

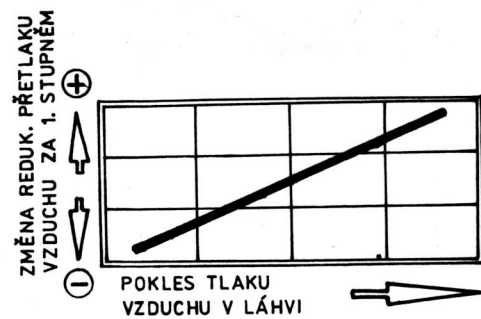
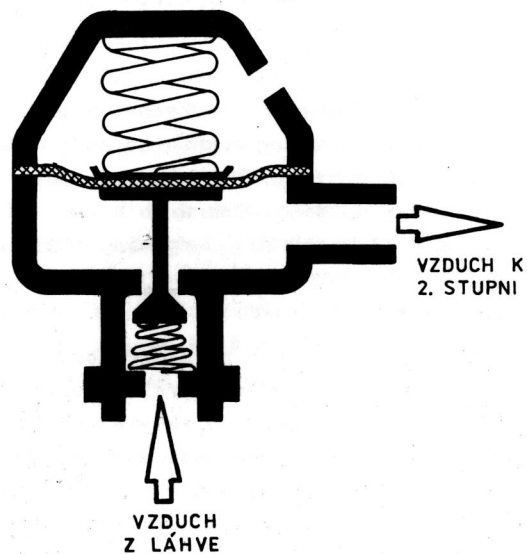
Je to vlastně redukční ventil, který má za úkol redu-
kovat tlak vzduchu z láhve na přetlak 0,5 - 1,2 MPa (podle
typu automatiky) vůči okolí. S měnícím se tlakem okolí se
mění i tlak redukovaného vzduchu tak, aby přetlak vůči okolí
byl stále zachován.

Řízený ventil je ovládán membránou nebo pístem těsněným
O-kroužkem. Velikost hodnoty redukovaného přetlaku je nasta-
vena zátěžnou silou pružiny. Hodnota redukovaného tlaku od-
povídá tlakové síle na píst, která je v rovnováze se zátěžnou
silou pružiny a s tlakovou silou vyvolanou tlakem okolního
prostředí (přičemž hovoříme o tlaku jako celkovém a o přetla-
ku jako relativním vůči okolí).

První stupně rozdělujeme na membránové a pístové podle
toho, zda je řídicím a ovládacím prvkem membrána nebo píst.
Dále rozdělujeme první stupně na nevyvážené a vyvážené.
U vyváženého prvního stupně redukovaný přetlak vzduchu je
konstantní a nezávislý na změnách tlaku vzduchu v láhvi.
U nevyváženého prvního stupně redukovaný přetlak vzduchu
kolísá v závislosti na změnách tlaku vzduchu v láhvi. Tyto
změny jsou u jednotlivých schémat obecně zachyceny jednodu-
chým diagramem. Diagram není opatřen konkrétními hodnotami,
protože tyto se mohou u jednotlivých typů prvního stupně
podle konstrukce značně lišit. Diagramy slouží pouze ke zná-
zornění uvedených změn.

4.1.1 PRVNÍ STUPEŇ MEMBRÁNOVÝ NEVYVÁŽENÝ

– S OTEVÍRÁNÍM PROTI TLAKU

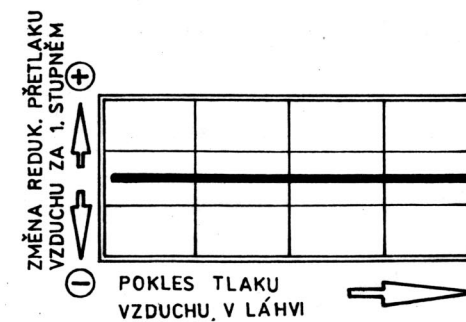
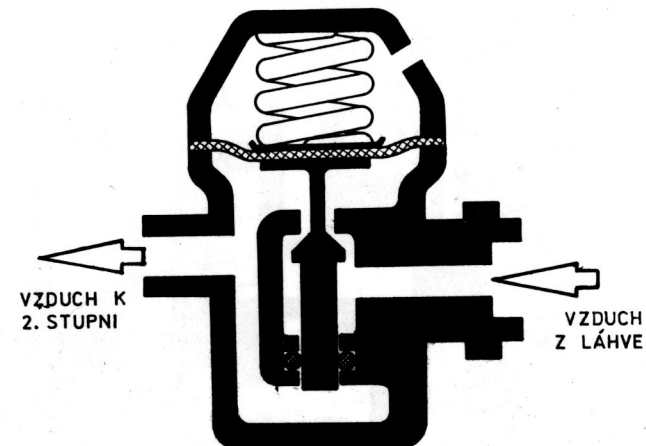


CYKLON 300

4.1.2 PRVNÍ STUPEŇ MEMBRÁNOVÝ VYVÁŽENÝ

– S OTEVÍRÁNÍM PROTI TLAKU

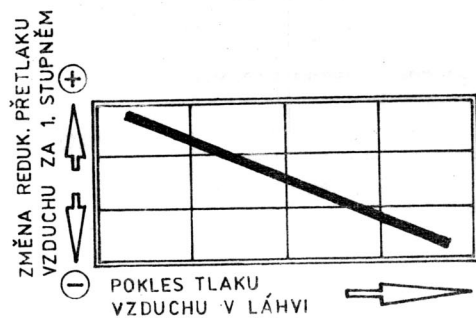
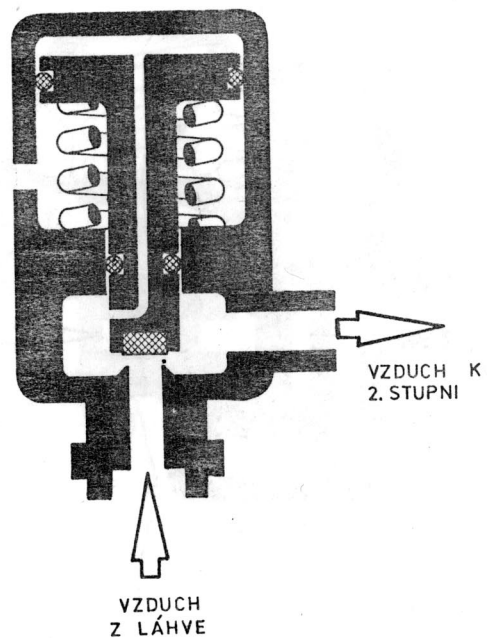
– S VYVAŽOVACÍM PÁSKEM



AQUILON

4.1.3 PRVNÍ STUPEŇ PÍSTOVÝ NEVYVÁŽENÝ

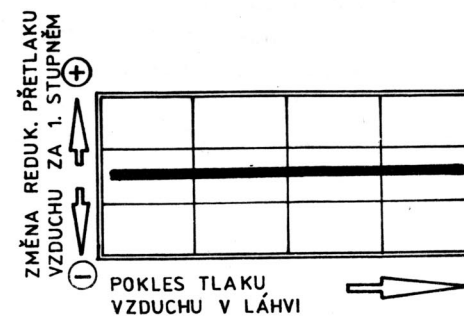
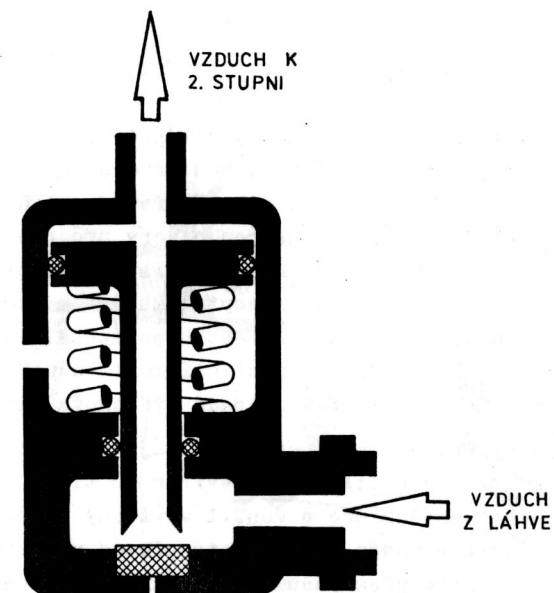
– S OTVÍRÁNÍM PO TLAKU



TAJFUN

4.1.4 PRVNÍ STUPEŇ PÍSTOVÝ VYVÁŽENÝ

S DUTÝM (PRŮTOČNÝM) PÍSTEM



TORNÁDO 300
SUPER AQUA

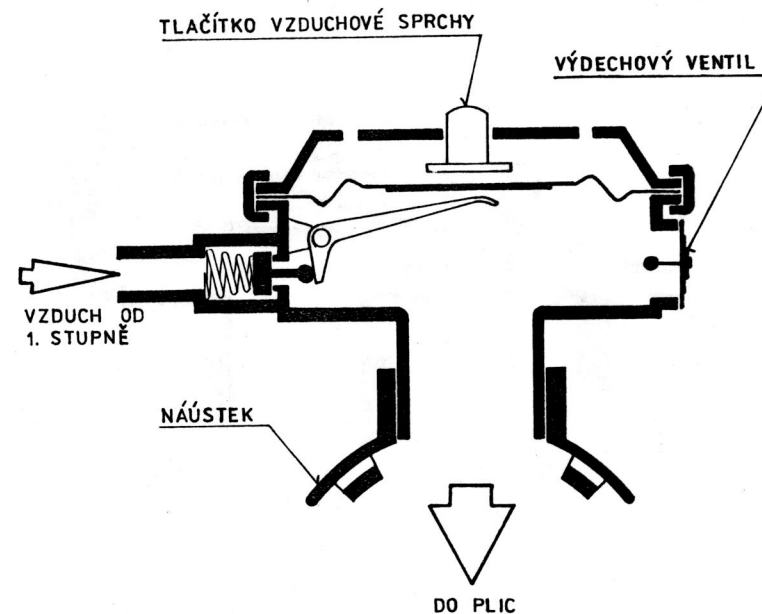
4.2 Druhý stupeň ústenkové automatiky

Ve druhém stupni ústenkové automatiky probíhá redukce středního tlaku vzduchu dodávaného z prvního stupně na tlak okolního prostředí.

Dávkování vzduchu podle potřeby potápěče zde probíhá podobně jako u klasické automatiky. Uvnitř druhého stupně je umístěna membrána, která přes pákový převod ovládá dávkovací ventil. Kryt membrány je opatřen otvory pro přenos tlaku okolní vody na membránu a je na něm umístěno tlačítko vzduchové sprchy, kterým lze stisknout membránu a otevřít tak dávkovací ventil nezávisle na vdechu potápěče. Výdechový ventil je umístěn v bezprostřední blízkosti náustku a tak na rozdíl od klasické automatiky odpadá výdechová hadice.

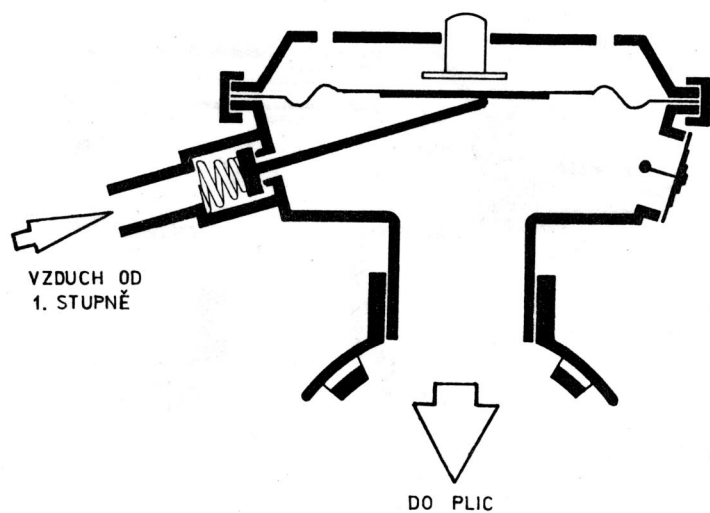
Druhé stupně ústenkových automatik mají spoustu různých modifikací. Dávkovací ventil bývá otevírán po tlaku nebo proti tlaku anebo jde dokonce o ventil vyvážený (např. TORNÁDO 300) a bývá ovládán přes pákový převod membránou buď přímo nebo nepřímo přes pneumatický servoposilovač využívající tlakové energie přiváděného vzduchu. Mnohdy bývají automatiky také vybaveny ejektory, a to pevně nastavenými nebo s možností regulace. Stejně tak i běžné druhé stupně s otevíráním po tlaku bývají někdy vybaveny regulací zátěžné síly uzavírací pružiny dávkovacího ventilu. Membrána je umístěna zpravidla proti náustku, ale bývá někdy i bočně. Výdechový ventil je běžně umístěn pod náustkem, výjimečně soustředně s dýchací membránou jako velkoplošný ve tvaru prstencové membrány, který se vyznačuje nejnižšími výdechovými odpory vůbec.

4.2.1 DRUHÝ STUPEŇ S OTVÍRÁNÍM PROTI TLAKU



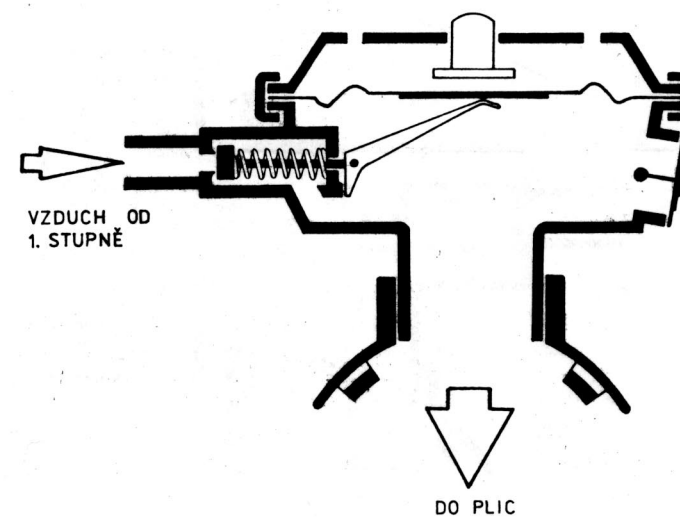
SUPER AQUA

4.2.2 DRUHÝ STUPEŇ S OTVÍRÁNÍM PROTI TLAKU VYVRACECÍ KUŽELKOU

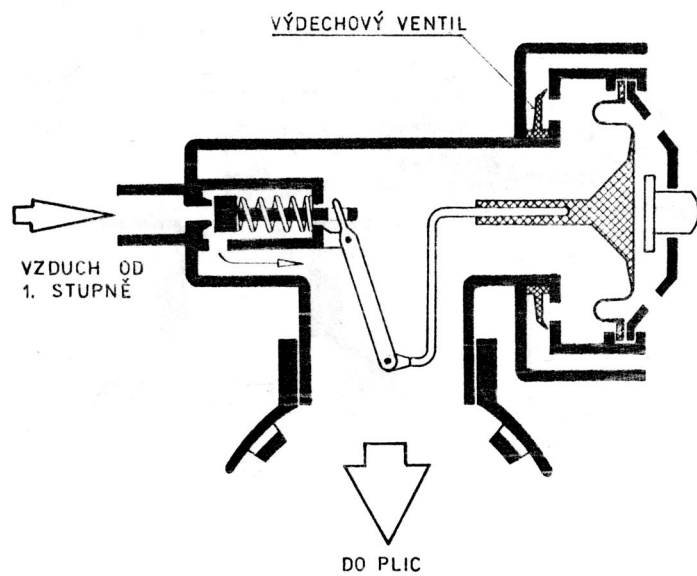


TAJFUN

4.2.3 DRUHÝ STUPEŇ S OTVÍRÁNÍM PO TLAKU

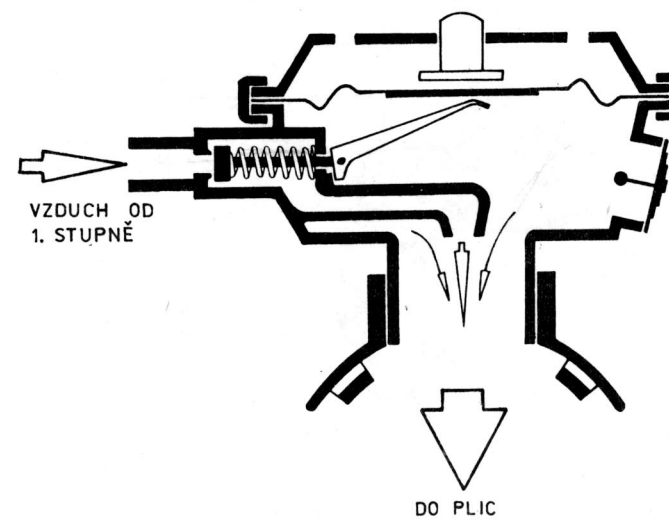


4.2.4 DRUHÝ STUPEŇ S OTVÍRÁNÍM PO TLAKU S BOČNÍ MEMBRÁNOU

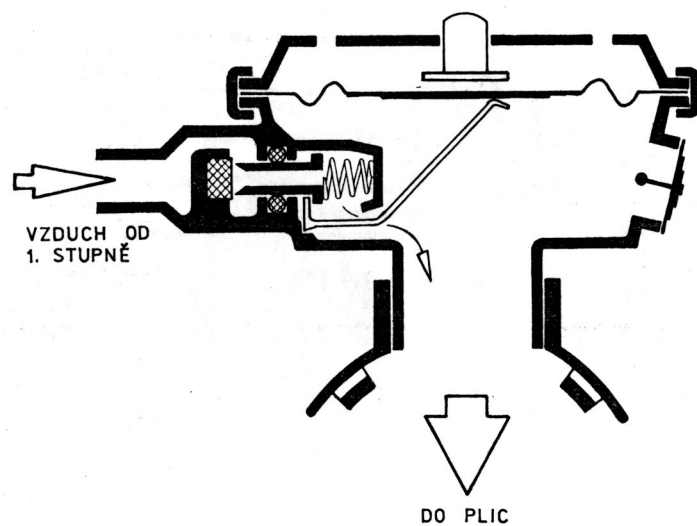


CYKLON 300

4.2.5 DRUHÝ STUPEŇ S OTVÍRÁNÍM PO TLAKU A S EJEKTOREM

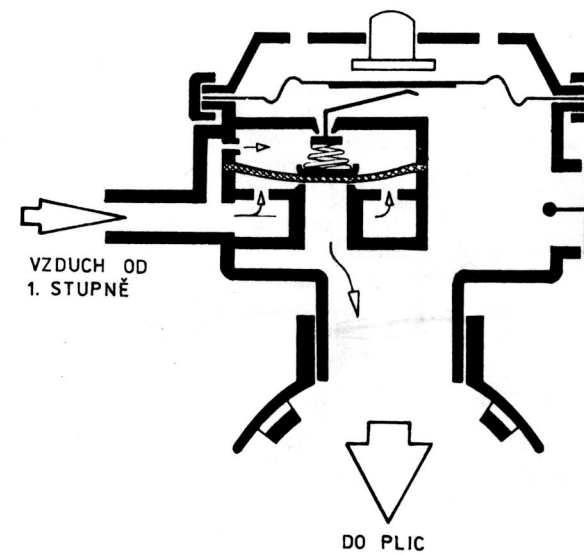


4.2.6 DRUHÝ STUPEŇ S VYVÁŽENÝM VENTILEM

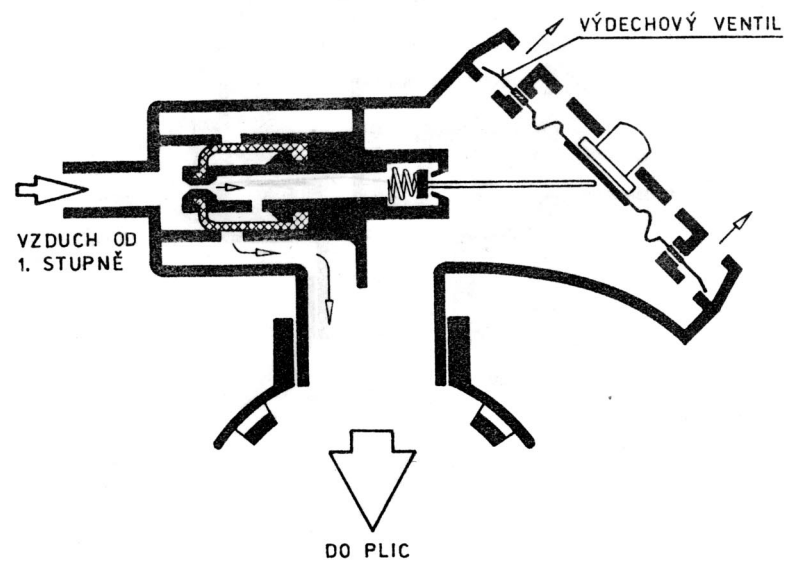


TORNÁDO 300

4.2.7 DRUHÝ STUPEŇ S MEMBRÁNOVÝM SERVOPOSILOVAČEM

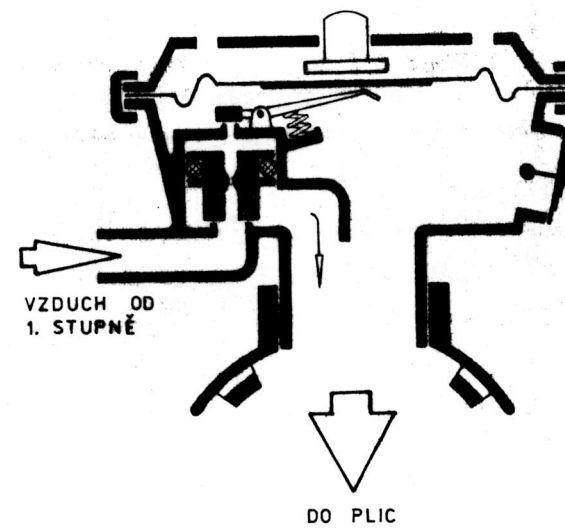


4.2.8 DRUHÝ STUPEŇ SE SERVOPOSILOVAČEM S VÁLCOVOU MEMBRÁNOU



CYKLON MAXIMUM

4.2.9 DRUHÝ STUPEŇ S PÍSTOVÝM SERVOPOSILOVAČEM



5. REZERVA ZÁSoby VZDUCHU V LÁHVI

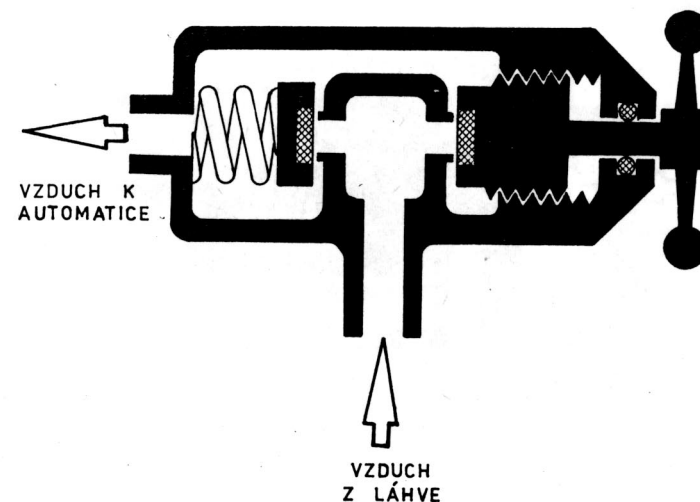
Účelem rezervy vzduchu u dýchacího přístroje s otevřeným okruhem je uvědomit potápěče o poklesu tlaku v láhvi na hodnotu 2 - MPa a tomu odpovídající zásoby vzduchu v láhvi přístroje.

Potápěč je o tomto stavu uvědoměn obvykle omezením průtoku vzduchu z láhve do automatiky, čímž dojde k postupnému zvyšování nádechového odporu (třeba až do úplného uzavření přívodu vzduchu) dokud potápěč rezervu nezapne (vyřadí z činnosti).

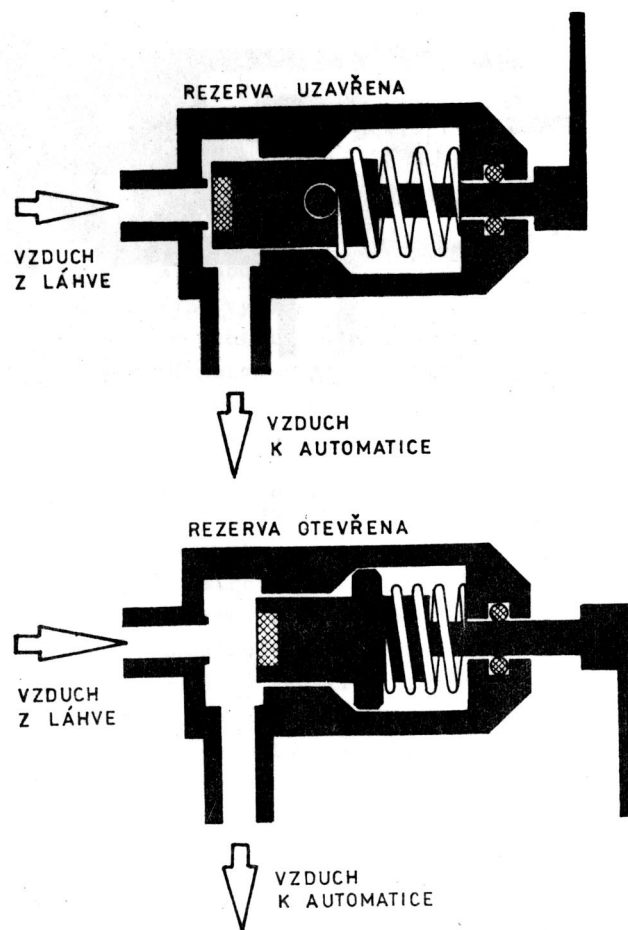
Rezerva je ve své funkční podstatě přetlakový ventil trvale nastavený na danou hodnotu tlaku (2 - 5 MPa). Dokud má vzduch v láhvi tlak vyšší, než je nastavená hodnota tlaku na přetlakovém ventilu rezervy, prochází vzduch rezervou dále k plicní automatice přístroje. Při poklesu tlaku vzduchu v láhvi na nastavenou hodnotu tlaku v rezervě, ventil rezervy se samočinně uzavře a další odběr vzduchu z láhve je možný až po vyřazení rezervy z činnosti vědomým zásahem potápěče (např. zatažením za táhlo, otočením ručního kolečka apod.).

U současných přístrojů je rezerva většinou zabudována přímo do tělesa láhvého ventilu (ale může být i v automaticce). Při plnění přístroje se pak musí rezerva většinou otevřít, protože by jinak ventil rezervy působil jako zpětný ventil a nepropustil by vzduch do láhve. Existují však i rezervy, které při plnění přístroje propouštějí vzduch do láhve nezávisle na tom, zda je rezerva zapnutá či nikoli (viz schéma 5.3).

5.1 REZERVA S OBTOKOVÝM VENTILEM



5.2 REZerva s PŘÍMÝM OVLÁDÁNÍM



5.3 REZerva s PLNÍCÍM VENTILEM

