

Vysoká škola strojní a textilní v Liberci
nositelka Řádu práce

Fakulta strojní

Obor 23-20-8

stroje a zařízení pro strojírenskou výrobu

zaměření

stroje a zařízení pro průmyslovou dopravu

Katedra strojů průmyslové dopravy

PRĚSTAVBA VOZIDLA S BENZINOVÝM MOTOREM NA PROVOZ

SE ZKAPALNĚNÝM ZEMNÍM PLYNEM

Luděk B e d n á ř

KSD-032/83

Vedoucí práce: Doc. Ing. Oldřich Červinka CSc

Konzultant: Ing. Josef Laurin

KSD-VŠST Liberec

Rozsah práce a příloh

Počet stran	61
Počet tabulek	3
Počet obrázků	16
Počet výkresů	7
Počet příloh	1

DT.621.43

27. května 1983

Vysoká škola: STŘEDNÍ PRŮMYŠLOVÁ ŠKOLA Fakulta: STŘEDNÍ

Katedra: STŘEDNÍ PRŮMYŠLOVÁ ŠKOLA Školní rok: 1980/81

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro STŘEDNÍ PRŮMYŠLOVÁ ŠKOLA

obor STŘEDNÍ PRŮMYŠLOVÁ ŠKOLA

Vedoucí katedry Vám ve smyslu nařízení vlády ČSSR č. 90/1980 Sb., o státních závěrečných zkouškách a státních rigorózních zkouškách, určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: STŘEDNÍ PRŮMYŠLOVÁ ŠKOLA

STŘEDNÍ PRŮMYŠLOVÁ ŠKOLA

Zásady pro vypracování:

1. Práce musí být vypracována v souladu s zadáním.
2. Práce musí být vypracována v souladu s podmínkami zadání.
3. Práce musí být vypracována v souladu s podmínkami zadání.
4. Práce musí být vypracována v souladu s podmínkami zadání.
5. Práce musí být vypracována v souladu s podmínkami zadání.
6. Práce musí být vypracována v souladu s podmínkami zadání.
7. Práce musí být vypracována v souladu s podmínkami zadání.
8. Práce musí být vypracována v souladu s podmínkami zadání.
9. Práce musí být vypracována v souladu s podmínkami zadání.
10. Práce musí být vypracována v souladu s podmínkami zadání.

Autorské právo se řídí směrnicí
MŠK pro státní záv. zkoušky č. 31
727/62-III/2 ze dne 13. února
1962-Věstník MŠK č. 10, sešit 24 ze
dne 31. 8. 1962 § 19 aut. z č. 115/53 Sb.

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ a TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 8
PSC 461 17

Rozsah grafické práce

Rozsah průvodní zprávy

Seznam odborné literatury:

Vedoucí diplomové práce:

Podpis:

Datum zadání diplomové práce:

Termín odevzdání diplomové práce:

L. S.

.....
Vedoucí katedry

.....
Děkan

V dne 10 / 11

Děkuji vedoucímu diplomové práce
Doc. Ing. Oldřichu Červinkovi, CSc
a konzultantovi diplomové práce
Ing. Josefu Laurinovi
za porozumění, odborné rady a pozornost,
které mi pomohly řešit zadaný úkol.

Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně a s použitím uvedené literatury.

V Liberci 27. května 1983

O b s a h

	str.
1. Úvod	3
2. Použití a problematika plynných paliv	4
3. Zemní plyn	6
3.1. Složení a vlastnosti zemního plynu	6
3.2. Čištění a zkapalňování zemního plynu	7
4. Přestavba vozidla ARO M-461 pro provoz na KZP	9
4.1. Technické údaje o vozidle a motoru	9
4.1.1. Vozidlo	9
4.1.2. Motor	10
4.2. Úprava vozidla pro provoz na KZP	10
4.3. Nádrž na KZP	14
4.3.1. Tepelné izolace	14
4.3.1.1. Izolace vakuové	17
4.3.1.2. Práško-vakuové izolace	18
4.3.1.3. Mnohavrstvé vakuové izolace	20
4.3.1.4. Pěnové izolační materiály	20
4.3.2. Typy používaných nádrží	21
4.3.3. Výpočet izolace nádrže	23
4.3.4. Návrh a výpočet tlakových nádob	27
4.3.5. Měření hladiny kapaliny	30
4.3.6. Popis konstrukce	31
4.3.7. Umístění a uchycení nádrže	31
4.4. Výměník tepla, odpařovač	33
4.4.1. Výpočet délky trubkového hađu výměníku	33
4.4.2. Popis konstrukce	39
4.5. Regulátor tlaku	40
4.5.1. Výpočet sil na I. regulačním stupni	41
4.6. Směšovač	42
4.6.1. Výpočet teoretického množství vzduchu	43
4.6.2. Výpočet průřezů ve směšovači	44
4.6.3. Popis konstrukce	45
4.7. Pojistné ventily	45

4.8. Elektrická soustava vozidla	46
4.9. Další prvky palivového systému	47
4.10. Úpravy motoru	48
5. Úprava vozidla pro provoz alternativně benzin a KZP	49
6. Předpokládané parametry vozidla	50
6.1. Motor	50
6.2. Vozidlo	50
7. Pracovní, provozní a havarijní bezpečnost	51
7.1. Havarijní a požární bezpečnost	51
7.2. Pracovní a provozní bezpečnost	52
7.3. Nebezpečí asfyxie a popáleniny KZP	53
7.4. Návrh opatření pro vozidlo	53
8. Ekonomické zhodnocení	55
8.1. Přibližný výpočet úhrady nákladů	56
9. Závěr	58
10. Literatura	60

1. Úvod

V hlavních směrech hospodářského a sociálního rozvoje ČSSR na léta 1981-85 se pokládá za nezbytné dosáhnout v národním hospodářství minimálně 2% průměrných ročních úspor paliv a energie. Úsilí má být věnováno hospodárnému využití a zhodnocení ropy a zemního plynu.

Mimořádná pozornost se má v souladu se státním cílovým programem racionalizace spotřeby paliv a energie věnovat též využívání nových, netradičních a druhotných energetických zdrojů. Využívání těchto zdrojů je výslovně zařazeno mezi úkoly vědecko-technického rozvoje, na které mají být zaměřeny výzkumné a vývojové práce.

Dalším problémem, týkajícím se provozu motorových vozidel se spalovacími motory, je unikání škodlivých látek při spalování paliv a tedy vliv na životní prostředí. Vzhledem k tomu, že podmínkou života je v podstatě výměna látek mezi živým organismem a jeho prostředím, kterou lze realizovat jen za určitých podmínek, je logické, že jedním z hlavních úkolů naší společnosti je péče o požadovanou kvalitu životního prostředí.

Těchto úkolů se týká přestavba vozidla na provoz se zemním plynem, která je účelem této práce.

2. Použití a problematika plyných paliv

K pohonu silničních vozidel se nyní u nás, obdobně jako ve většině jiných zemí, používá všeobecně pístových spalovacích motorů, a to zážehových a vznětových. Provoz těchto vozidel a spalování používaných paliv je provázeno exhalacemi, obsahujícími kouř, uhlovodíky a jiné škodlivé látky, CO, NO_x a u benzinů i sloučeniny olova, které zamořují ovzduší zejména ve velkých městech.

Použití plyných paliv pro pohon automobilových spalovacích motorů není věc nová. Zejména v letech druhé světové války a bezprostředně po ní byla plyná paliva hojně využívána. V nedávné minulosti došlo ve světě k opětovnému zvýšení zájmu o plyn jako palivo pro spalovací motory. Pro dočasný nedostatek kapalných paliv se začalo využívat snáze dostupných nebo dosud ne zcela ekonomicky využívaných zdrojů vhodných plynů. Dalším úkolem byla i snaha využít všech předností plyných paliv ke snížení škodlivých exhalací vozidlových motorů.

Plyná paliva mají v porovnání s kapalnými řadu výhod:

- příprava směsi v plynném skupenství vede k vytvoření homogenní palivové směsi a k rovnoměrnému naplnění jednotlivých válců motoru
- lepší homogenita směsi dovoluje pracovat s vysokým součinitelem přebytku vzduchu $\lambda = 1,4 - 1,7$
- využití chudé směsi vede k porovnání s benzinovým motorem ke snížení měrné spotřeby paliva a ke zvýšení účinnosti: dle (L 4) je měrná spotřeba zhruba o 14% nižší a účinnost motorů o 11% vyšší
- vyšší oktanová čísla plyných paliv proti benzinům umožňují bez nebezpečí výskytu detonačního spalování použití vyššího stupně komprese a tím i zvýšení tepelné účinnosti
- za provozu motoru dochází k menším úsadám, zvyšuje se životnost motoru

- okamžitá příprava směsi zlepšuje startovatelnost motoru i při nízkých teplotách
- nedochází k ředění mazacího oleje palivem, tím k jeho znehodnocení a ztrátám paliva: dle údajů (L 4) je možné výměnné lhůty oleje prodloužit až trojnásobně
- měkčí spalování snižuje zejména v porovnání se vznětovými motory celkovou hladinu zvuku
- použitím plyných paliv lze snížit koncentraci škodlivých exhalací ve výfukových plynech.

Nevýhodou je zvýšení nákladů na palivovou soustavu (event. na přestavbu motoru), snížení výkonu způsobené horším naplněním válců (lze částečně kompenzovat zvýšením stupně komprese oproti benzinovému motoru), vyšší tepelné zatížení motoru, snížení užité hmotnosti automobilu vzhledem k vyšší hmotnosti nádrží na palivo, snížení dojezdu vozidla apod.

Jako plyná paliva jsou nejčastěji užívány tekuté rafinérské plyny (např. propan - butan), bioplyn a zemní plyn, Zemní plyn (ZP) se dá využívat ve dvou podobách, buď jako stlačený, který je uchován při tlaku cca 20 MPa, nebo kapalný, který je uchován přibližně při atmosférickém tlaku, ale teplotě $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$. O tomto způsobu využívání kapalného zemního plynu (zkráceně KZP) bude pojednáno dále.

3. Zemní plyn3.1 Složení a vlastnosti zemního plynu

Zemní plyn je bezbarvý a hořlavý plyn, vytvářející v určitých mezích koncentrace ve směsi se vzduchem výbušnou směs. Je to směs uhlovodíků s malým množstvím inertů. V tabulce 1 je uvedeno složení zemního plynu z tranzitního plynovodu dle (L 14):

Tabulka 1

Ukazatel [%]	min.	max.	průměr
C_1H_4	90,72	94,14	92,12
C_2H_6	2,71	4,99	4,30
C_3H_8	0,57	1,68	1,32
C_4H_{10}	0,09	0,66	0,40
C_5H_{12}	0,002	0,25	0,08
C_6H_{14}	0	0,36	0,25
N_2	0,03	2,06	1,22
O_2	0	0,25	0,0064
CO_2	0,18	0,8	0,54
Vlhkost [mg/m^3]	4,72	2 599,22	295,84
Výhřevnost [$kcal\ m^{-3}$]	6 190	9 294	8 657
Olej [mg/m^3]	1,07	54,1	10,79

Některé fyzikální vlastnosti plynného i kapalného zemního plynu jsou uvedeny v tabulce 2:

Tabulka 2

Kapalina: výparné teplo při bodu varu
a 7,5 kPa

502,3 [KJ/kg]

měrný objem při b.v.

2,35 [dm³/kg]

hustota při b.v.

415 [kg/m³]

výhřevnost

49,9 [MJ/kg]

Plyn: hustota při 0 °C a 7,5 kPa

0,717 [kg/m³]

měrný objem při 0 °C a 7,5 kPa

1,395 [m³/kg]

výhřevnost při 15 °C

35,8 [MJ/m³]

zápalná teplota

680 - 750 °C

kritický tlak

4,6 MPa

kritická teplota

-82,5 °C

bod varu

-161,5 °C

bod tuhnutí

-182,5 °C

Zemní plyn není jedovatý ani zdraví škodlivý, avšak při vyšších koncentracích v ovzduší může způsobit zadušení z nedostatku kyslíku.

3.2 Čištění a zkapalňování zemního plynu

V ČSSR existuje jediná zkapalňovací stanice na Slovensku v n.p. Duslo Šala. Další zkapalňovací stanice se má dle informací z VÚPCHT Hradec Králové, stavět až v osmé pětiletce v Tachlovicích u Prahy.

Zkapalňovací stanice v Duslo Šála slouží jako špičkový zdroj zemního plynu, sloužící ke krytí maximální spotřeby zemního plynu z plynárenské sítě v době zimní špičky odběru. Jeho princip spočívá v kontinuálním zkapalňování poměrně malého množství zemního plynu po převážnou část roku, uskladňování kapalného zemního plynu v zásobníku a odpařování KZP do sítě v době zimní špičky.

Tato poloprovozní jednotka s typovým označením ZP 1 má sloužit k ověření výpočtových podkladů a správnosti zvolené technologie a po dokončení zkušebního provozu k částečnému krytí výpadků zemního plynu v závodě Duslo Šála.

Zkapalňovací výkon	průměrně 27 kmol/hod ZP
	600 Nm ³ /hod
Skladovací kapacita	max. 5000 m ³ KZP
Odpařovací výkon	2200 kmol/hod

Zemní plyn o tlaku 2,5 - 5,5 MPa se nejprve zbavuje oleje, vlhkosti a CO₂ adsorpcí na aktivním uhlí v molekulových sítích a dále se pomocí cirkulačního okruhu ochlazuje a zkapalňuje o teplotě -160 °C, redukuje se na tlak 0,1 MPa a odchází do zásobníku KZP. Množství 5000 m³ KZP po odpaření představuje 3.10⁶ Nm³ zemního plynu. Tato zkapalňovací stanice má také zařízení pro odběr a plnění ze zásobníku KZP do autocisteren.

4. Přestavba vozidla ARO M-461 pro provoz na KZP

4.1. Technické údaje o vozidle a motoru

4.1.1. Vozidlo

Vozidlo ARO M-461 je osobní terénní automobil pro dopravu osmi osob nebo dvou osob a nákladu. Motor má umístěn vpředu. Vozidlo má žebřinový rám, karosérie je celokovová, otevřená s plachtou a oblouky. Vpředu v kabině jsou dvě sedačky se sklopnými opěradly. V zadní části vozidla, do které se vstupuje pravými dveřmi po sklopení pravého předního opěradla, jsou dvě postranní sedačky s pevnými opěradly a sklopnými čalouněnými lavicemi, každá pro tři osoby.

Délka vozidla je 3854 mm, šířka vozidla bez náhradního kola 1710 mm (s náhradním kolem 1850 mm), výška 2050 mm. Pohotovostní hmotnost vozidla 1550 kg, užitečné zatížení včetně hmotnosti řidiče maximálně 650 kg na silnici a 500 kg v terénu. Nejvyšší rychlost vozidla je 100 km/hod, nejvyšší stoupavost 62%.

Spojka:	jednokotoučová, suchá, průměr 250 mm, poloodstředivá s hydraulickým vypínáním
Převodovka:	mechanická, čtyři převodové stupně vpřed, jeden vzad
Hnací náprava:	přední i zadní
Rozdělovací převodovka:	mechanická s převodovým poměrem 1:1
Brzdy:	provozní hydraulická na všechna kola, nouzová a parkovací ruční, mechanicky působící na zadní kola
Elektrická síť:	jmenovité napětí 12 V, akumulátor 12 V, 56 Ah, zdroj elektrické energie akumulátor

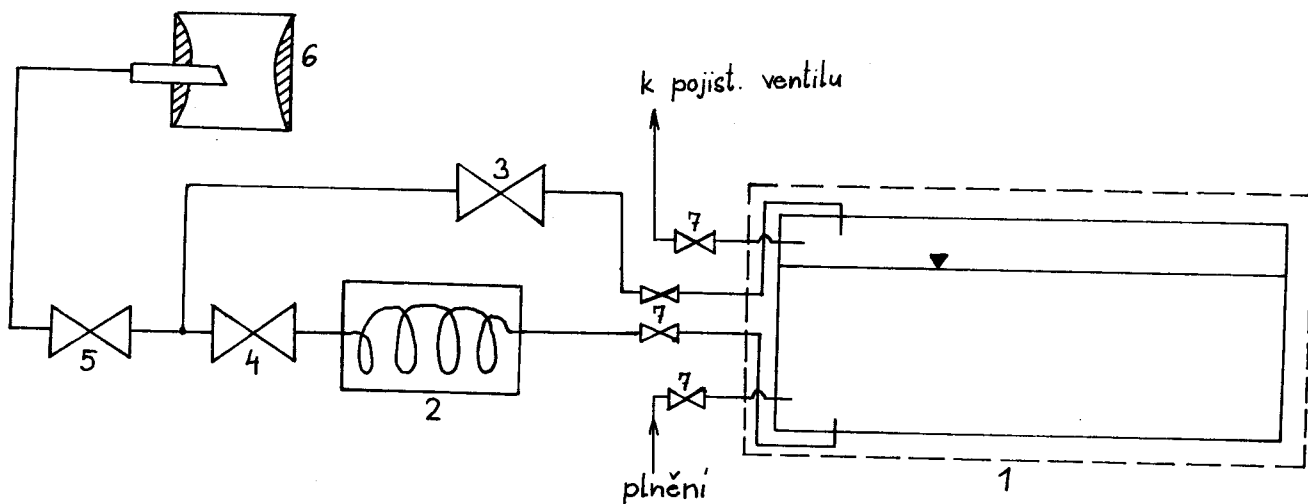
4.1.2. Motor

Motor typ ARO M-207, čtyřdobý, stojatý, kapalinou ochlazený, řadový čtyřválec s rozvodem OHV.

Vrtání válce:	97 mm
Zdvih pístu:	85 mm
Obsah válců:	2,512 l
Stupeň komprese:	7,2
Maximální výkon:	56,7 kW při 4000 1/min
Trvalý výkon:	51,5 kW při 3800 1/min
Karburátor:	W 207 (Weber) se dvěma směšovacími komorami nebo jednokomorový JIKOV 40 SOP
Čistič vzduchu:	olejový s kovovou síťovou vložkou bateriové, pořadí zapalování 1-2-4-3, předstih zážehu 8° před HŮ (s podtlakovou a odstředivou regulací), zapalovací cívka BAR 1/12 V, rozdělovač 8 D4
Zapalování:	Elektro-Precisia, svíčky PAL 14-7

4.2. Úprava vozidla pro provoz na KZP

Je nutno u vozidla a motoru stávající benzinovou soustavu nahradit plynovou instalací a zařízením, které vytvoří homogenní směs plynného paliva se vzduchem požadované kvality. Toto zařízení se skládá z: nádrže, odpařovače, regulátoru tlaku a směšovače. Návrh zapojení těchto prvků pro chladírenské vozidlo je dle (L 3) následující:

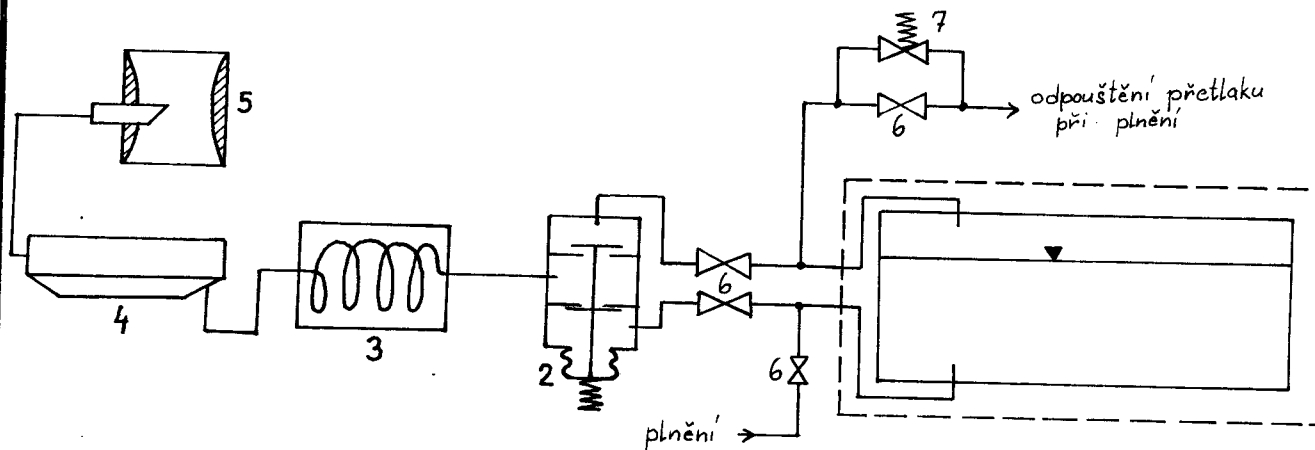


Obr. 1 - Schéma plynové instalace

- 1 - nádrž s izolací
- 2 - odpařovač
- 3 - přetlakový ventil
- 4 - I. regulační stupeň
- 5 - II. regulační stupeň
- 6 - směšovač
- 7 - uzavírací ventily

KZP, který je uchováván v nádrži 1, je nejprve přes uzavírací ventily veden k odpařovači 2, kde je odpařen a přes oba regulační stupně veden ke směšovači. Protože celá plynová instalace je konstruována většinou na přetlak 0,4 MPa, slouží přetlakový ventil 3 k odpuštění plynné složky zemního plynu v nádrži do motoru, aby nedocházelo ke zbytečným ztrátám plynu při provozu. Je však nutné, aby v nádrži zůstal mírný přetlak, který zajišťuje dodávku KZP do odpařovače. Tento způsob zapojení však vyhovuje spíše pro chladírenské automobily, kde je před II. regulační stupeň přiveden ještě odpařený zemní plyn, který slouží k udržování chladu v chladírenském zařízení. Další nevýhodou je množství přívodů do nádrže, které vedením tepla trubkami zvyšují odpar KZP v nádrži.

Dalším možným zapojením palivové instalace je způsob užívaný u japonského automobilu dle (L 4). V tomto zapojení je místo přetlakového ventilu užito zařízení, které dle přetlaku v nádrži samočinně přepíná přívod k odpařovači na plyn nebo kapalinu (obr. 2).



Obr. 2 - Schéma plynové instalace

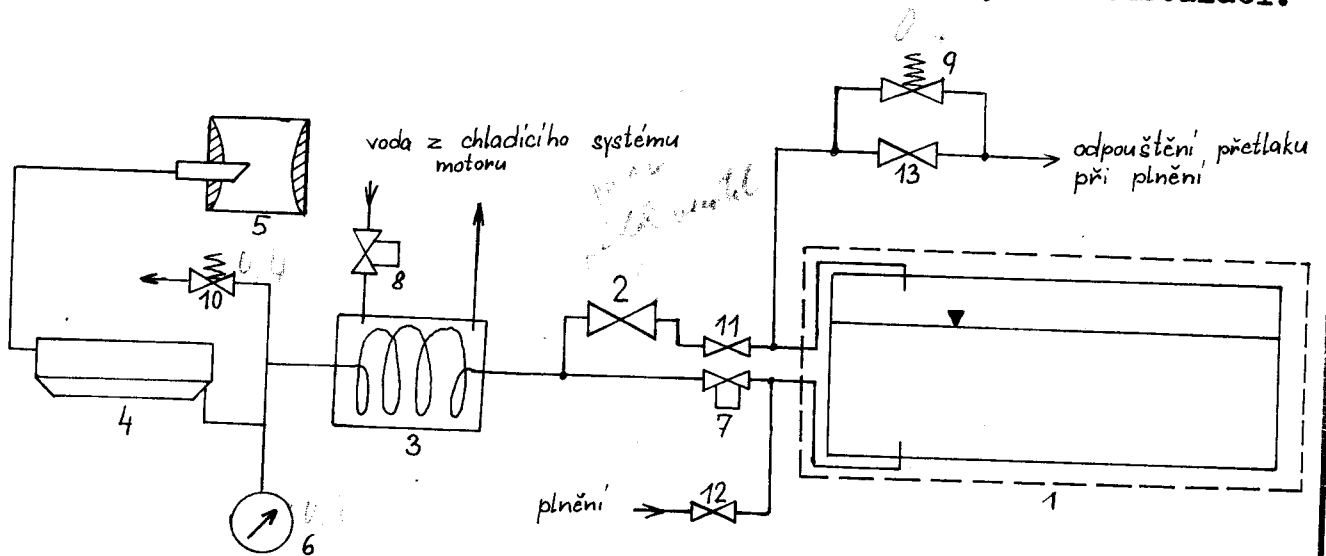
- 1 - nádrž s izolací
- 2 - přepínací ventil
- 3 - odpařovač
- 4 - regulátor
- 5 - směšovač
- 6 - uzavírací ventily
- 7 - pojistný ventil

Výhodou je přepínací ventil 2, který při otevření přívodu plynu zavírá přítok kapaliny a naopak. Nevýhodou je jednak konstrukce dalšího zařízení a jednak další ohřívání plynu v odpařovači, které zhoršuje účinnost motoru.

Nevýhody tohoto uspořádání by mohlo odstranit zapojení na obrázku 3, které je také zvoleno pro přestavbu vozidla a je tedy třeba se o něm zmínit více.

Je zde použito přetlakového ventilu podobně jako na obr. 1, který je však zapojen ještě před odpařovač. Nežádoucí

ohřev zemního plynu a tím i nárůst tlaku je zamezen tlakovou regulací pomocí kontaktního manometru, který zároveň slouží pro vizuální kontrolu hodnoty přetlaku v nádrži a plynové instalaci.



Obr. 3 - Schéma plynové instalace

- 1 - nádrž s izolací
- 2 - přetlakový ventil
- 3 - odpařovač
- 4 - regulátor tlaku
- 5 - směšovač
- 6 - kontaktní manometr
- 7,8 - solenoidové ventily
- 9 - pojistný ventil nádrže
- 10 - pojistný ventil instalace
- 11,12,13 - uzavírací kohouty

Celá plynová instalace je konstruována na pracovní přetlak 0,4 MPa a jištěna pojistnými ventily 9, 10. Přetlakový ventil 2, seřízený na zvolený přetlak 0,2 MPa, odpustí vyšší přetlak z nádrže 1 do motoru a zároveň kontaktní manometr, seřízený na přetlak 0,2 MPa, vypne solenoidové ventily 7, 8, takže nedojde k dalšímu proudění KZP do odpařovače 3, ani ke zbytečnému ohřevu ZP v odpařovači (zastaven přívod vody do výměníku tepla). Při poklesu přetlaku v nádrži pod 0,2 MPa přetlakový ventil se uzavře

a současně kontaktní manometr otevře solenoidové ventily 7, 8 a vlivem zbylého přetlaku v nádrži dojde k proudění KZP do odpařovače a jeho následnému odpaření (otevřen přívod vody do výměníku).

Při spouštění motoru je však třeba dbát na to, aby byl nejdříve ručně otevřen ventil 11 a teprve potom zapojen do elektrické sítě manometr 6. Jinak by mohlo dojít k zamrznutí vody v odpařovači vlivem proudícího KZP přes otevřený solenoidový ventil 7. Při odstavení vozidla je třeba uzavřít ventil 11 a vypnout elektrickou soustavu.

Při plnění nádrží otevřeným plnicím ventilem 12 je třeba zároveň uzavřít ventil 11 a vypnout elektrickou soustavu. Protože při plnění nádrží dochází ke styku KZP s teplejšími stěnami nádrže a jeho prudkému varu, je třeba zajistit únik odpařeného zemního plynu, což je umožněno ventilem 13. Tento plyn se vede zpět do stacionárního zásobníku KZP.

V dalších kapitolách jsou podrobně popsány jednotlivé prvky plynové instalace.

4.3. Nádrž na KZP

Na splnění obecných požadavků při použití plynného paliva, jako je zachování dostatečného dojezdu vozidla, provozní a pracovní bezpečnosti, snaha o co nejmenší zmenšení ložné plochy atd., se významnou měrou podílí i konstrukce nádrže. Protože pro vlastní návrh nádrže i jejího umístění je nejdůležitější znát vlastnosti a možnosti použití tepelných izolací nádrže, je třeba uvést přehled možných typů izolací.

4.3.1. Tepelné izolace

Tepelnými izolacemi se rozumějí prostředky, omezující přenos tepla z teplejších do chladnějších těles. Všechny druhy

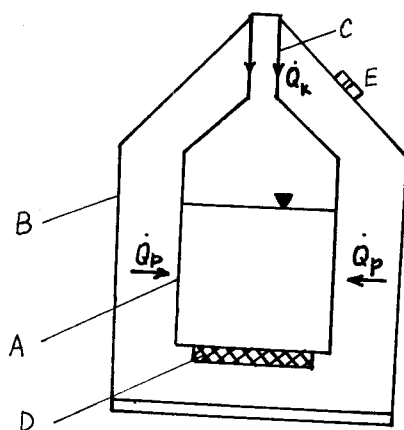
sdílení tepla jsou závislé na vzájemném vztahu teplot teplejšího a chladnějšího tělesa. Mezi základní problémy tepelné izolace v kryotechnice (věda, zabývající se problémy velmi nízkých teplot) patří problém omezení tepelného toku mezi stěnou na pokojové teplotě a stěnou na teplotě kryokapaliny, která je obvykle přechovávána při teplotě normálního bodu varu. Kryokapaliny mají bod varu hluboko pod teplotou pokojovou (KZP -113 K) a jejich výparné teplo je velmi malé (KZP - 502,32 kJ/kg), proto i velmi malý tepelný tok může způsobit odpaření značného množství kryokapaliny. Pro většinu kryogenních zařízení je proto nutná kvalitní tepelná izolace s jakou se v jiných oborech nesetkáváme a jejíž návrh není myslitelný bez znalostí principu sdílení tepla a metod, jak tepelné ztráty omezit.

Je třeba brát v úvahu nejen běžné druhy sdílení tepla, ale i např. přívod energie způsobený mechanickými kmity (bylo zjištěno, že jízdou v automobilu se odpor zvýší 3-8 krát).

Hlavní problémy tepelné izolace pro kryotechniku byly prakticky vyřešeny před 80 lety, kdy J. Dewar použil pro přechování kapalného vzduchu dvojitěnnou evakuovanou skleněnou nádobu, kterou podstatně zlepšil postříbřením stěn a užitím aktivního uhlí jako adsorbentu (udržuje vakuum v meziplášti).

Dewarovou nádobou se dnes v kryotechnice rozumí nádoba určená k dlouhodobému přechovávání kapalných plynů dle obr. 4. Vnitřní, obvykle kulová nebo válcová nádoba A, obsahuje přechovávanou kapalinu. Prostor mezi vnitřní chladnou stěnou a vnější stěnou B (obvykle na pokojové teplotě ~ 300 K) je vyčerpán přes ventil E na nízký tlak řádově 10^{-3} Pa, aby se zabránilo přenosu tepla tepelnou vodivostí zbytkového plynu (Q_p). K udržování nízkého tlaku slouží adsorbent D. Vnitřní nádoba je vůči vnější nádobě fixována závěsem nebo podpěrami, které mají co nejmenší vodivost (Q_k). V těchto nádržích je nejčastěji vnitřní nádoba zavěšena ve vnější na tenkostěnné trubici C z materiálu s nízkou tepelnou vodivostí (korozivzdorná ocel nebo sklolaminát), která tvoří plnicí hrdlo. Průměr závěsné trubice bývá 15 až 50 mm,

síla stěny trubice 0,2 až 0,7 mm (u sklolaminátových trubice až 2 mm). Závěsová trubice hrdla je ještě navíc ochlazována odpařováním chladným plynem vstupujícím do skladovací nádoby hrdlem, takže ztráty jsou ještě dále snižovány.



Obr. 4 - Schéma Dewarovy nádoby

- A - nádoba (válcová nebo kulová)
- B - vnější stěna
- C - tenkostěnná trubice
- D - adsorbent
- E - ventil

Dewarovy nádoby měly v klasickém provedení dvojitě skleněné později kovové stěny. V poslední době se dle (L 2) objevují zprávy o nádobách na kapalný dusík se závěsnými hrdly i stěnami z umělých pryskyřic (USA, SSSR, ČSSR, NDR, PLR). U nás tyto nádoby na 32 l, které byly vyvinuty v ÚJV Řež, vyrábí STS Říčany.

Kryogenní nádrže jsou vyráběny většinou pro nehořlavé kapalně plyny (např. kyslík, dusík, helium) a postupně byly vyvinuty takové nádoby, které nejvíce vyhovují vlastnostem kapalných plynů tak, aby tyto nádrže měly co nejmenší odpor. Pro tyto účely se vyrábí lehké a snadno přenosné nádoby do 50 l, pro skladování se užívají v menších laboratořích nebo v ústavech a klinikách převozní nádoby na 100 až 500 l, v podnicích s větší spotřebou se užívají stacionární zásobníky na 5, 10 či více m^3 .

U nás vyrábí tyto převozní nádoby n.p. Ferox Děčín. Tento podnik však nemá z bezpečnostních důvodů oprávnění vyrábět nádrže na hořlavé plyny.

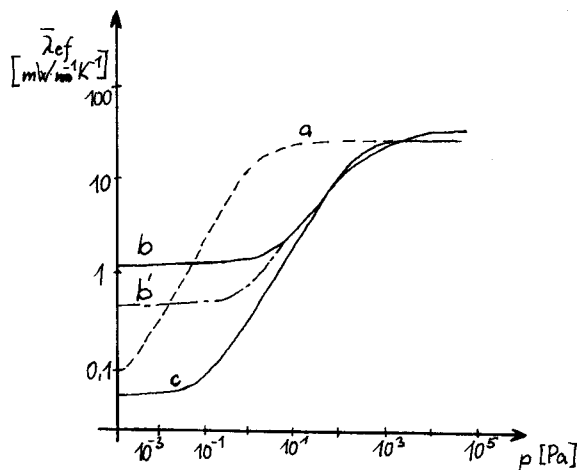
V současné době se izolace pro kryogenní nádrže rozdělují v podstatě do čtyř skupin:

- a) izolace čistě vakuové
- b) práško - vakuové izolace
- c) mnohavrstvé vakuové izolace
- d) izolace z pěnových materiálů

4.3.1.1. Izolace vakuové

Dokonalým evakuováním izolační mezery je odstraněno vedení a proudění tepla, takže se šíření tepla v izolační hmotě děje jedinečně sáláním. Jsou-li ohraničující plochy mezery lesklé, sníží se podstatně i sálání tepla, takže ekvivalentní součinitel tepelné vodivosti evakuované mezery je velmi nízký. Vakuové izolace jsou tudíž nejlepšími izolacemi vůbec. Jejich praktické využití však naráží na technické obtíže. Jednak je nesnadné docílit a hlavně udržet vakuum v mezeře, jednak je mezeru zapotřebí vyztužit proti smáčknutí vlivem vnějšího přetlaku. Výztuhy pak tvoří tepelné můstky, jimiž se vede teplo z jedné ohraničující plochy k druhé v takové míře, že bývá pravidelně ekvivalentní součinitel tepelné vodivosti takové mezery vysoký. Také provedení mezery je nákladné.

Problémem vakuových izolací se zabýval White, který zjišťoval závislost ekvivalentního součinitele tepelné vodivosti vzduchové mezery na tlaku. Výsledky jeho měření jsou zakresleny na obrázku 5.



Obr. 5 - Závislost tepelné vodivosti na tlaku

a - idealizovaný případ vakuové izolace

b - vakuoprášková izolace

b' - vakuoprášková izolace s příměsí kovových vloček

c - mnohovrstvá izolace (superizolace)

Z diagramu vyplývá, že nízký ekvivalentní součinitel tepelné vodivosti je možný pouze při velmi nízkých tlacích, které jsou obtížně dosažitelné. Vznikla proto myšlenka zmenšit střední volnou dráhu molekul, na které tento součinitel závisí, vyplněním mezery sypkými hmotami. Tím mezi jednotlivými zrnky hmoty vzniknou malé prostory a stačí pak prodloužit střední volnou dráhu jen na vzdálenost stěn prostoru mezi zrny. K tomu již není zapotřebí tak nízkých tlaků (viz obr. 5).

Ke zlepšení a udržení vakua v provozu se užívá adsorbent, což bývá aktivní uhlí, silikagel nebo syntetické zeolity.

4.3.1.2. Práško-vakuové izolace

Přednosti těchto izolací jsou:

- 1/ Vyztužují dobře evakuovaný prostor.
- 2/ Prášky jsou dobrými adsorbenty a mohou tak udržet vakuum a dobré izolační vlastnosti několik let.
- 3/ Při dostatečné tloušťce (nad 3 cm) nemá jakost povrchu vliv na tepelnou vodivost, povrchy se nemusí leštit a sníží se tak výrobní náklady.

4/ Ztráta vakua neznamená úplnou ztrátu izolační vrstvy.

Současně však tyto materiály mají řadu nevýhod:

- 1/ Velký povrch zrn a adsorpční schopnost prášku prodlužuje dobu čerpání (20 - 200 hodin).
- 2/ Mnohé prášky jsou hydrofobické, vyžadují sušení a speciální techniku plnění.
- 3/ Prášky mají sklon k sesedání.
- 4/ Při evakuování jsou obtíže v zabránění odsávání prášků do vývěvy.
- 5/ Zvětšují tepelnou kapacitu a tedy i spotřebu chladu při uvedení do provozu.

Jednotlivá zrna prášku z tepelně nevodivého materiálu jsou spolu prakticky v bodovém dotyku, takže dráha, kterou je teplo hranicemi zrn přes mnoho tepelných odporů vedeno, je velmi dlouhá. Prášek však nesmí být upěchován, protože stlačením se tepelná vodivost zvyšuje až na dvojnásobek.

Vakuový prostor také není třeba po snížení přenosu tepla zbytkovým plynem odčerpávat na tak nízký tlak jako u čistě vakuové izolace (postačí $p = 10^{-1}$ Pa). Prášek má ještě další výhodu, že je částečně schopen adsorbovat zbytkový plyn ve vakuovém prostoru podobně jako aktivní uhlí. Stačí tedy za pokojových teplot izolační prostor odčerpávat řádově na 10 Pa, po prochlazení vnitřního pláště kryokapalinou pak tlak klesne až na 10^{-2} Pa.

N.p. Ferox Děčín používá pro izolaci Dewarových nádob na LN_2 aktivní kysličník křemičitý (bílé saze) Siloxid, jehož měrná tepelná vodivost $\lambda = 9 \cdot 10^{-4} \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$.

Pro zamezení toku sálavé energie se také užívá mísení izolačních materiálů s kovovým práškem, kovovými vločkami nebo malými útržky fólií s dobrými odrazovými vlastnostmi. Smísením 3 - 5 hmotnostních % Al vloček do Siloxidu klesne hodnota λ na $4 \cdot 10^{-4} \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$.

Pro izolaci větších nádob - kontejnerů se často užívá vulkanické sklo expandované při 1100 K - perlit.

4.3.1.3. Mnohavrstvé vakuové izolace

Používají se k izolování nádob na kapalné plyny s velmi nízkým bodem varu jako: helium, vodík, neon nebo jako nádoby s mimořádnými požadavky.

Základem těchto izolací je velké množství vrstev - stínících ploch - kovových fólií z hliníku, cínu, mědi nebo stříbra, vzájemně od sebe oddělených. Jako dělicího materiálu je nejčastěji použito skelných vláken ve formě papíru, rohože, popř. tkaniny. Jiný způsob oddělení kovových vrstev je, že se použije fólií z plastických hmot 60 - 100 μm , na kterou se nanese kovová vrstva z jedné nebo obou stran. Oddělení těchto pokovených fólií při montáži je dosaženo úmyslným deformováním povrchu - mačkáním nebo pravidelnými prolisy, tím se zmenšuje vzájemný styk těchto fólií s reflexními vrstvami.

Počet navinutých vrstev je značný: 30 - 60 na 1 cm tloušťky izolace. Je zřejmé, že technologie výroby je velmi náročná. Reflexní fólie musí tvořit izotermní plochy, jinak dochází k znehodnocení izolace.

N.p. Ferox Děčín užívá jako reflexní vrstvy hliníkovou fólií tloušťky 6 μm oboustranně leštěnou (Kovohutě Břidličná), jako izolační vrstvy tkaninu tloušťky 0,1 mm ze skleněných vláken síly 5 μm (Vertex Litomyšl). Hustota tohoto typu izolace je 50 kg/m^3 , efektivní měrná tepelná vodivost při tlaku 10^{-2} Pa je řádu $10^{-5} \text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$.

4.3.1.4 Pěnové izolační materiály

Základní izolační materiál je tvořen uzavřenými nebo otevřenými slabostěnnými komůrkami, které vznikají expandováním organických a anorganických látek působením tzv. nadouvadla (freon, kysličník uhličitý, benzen). Pěnové materiály mohou být vyrobeny např. z polystyrenu, polyuretanu, epoxidů, gumy, skla a křemene, mohou být neelastické nebo tuhé. Jejich hustota je až

o řád menší než u materiálů práškových, takže vedení tepla pevnou látkou, t.j. stěnami komůrek, je velmi malá a na přenosu se podílí hlavně plyn obsažený v komůrkách. Pro materiál o průměru 0,5 mm je λ asi dvakrát větší než pro průměr komůrek 0,1 mm.

U pěnových materiálů je však nevýhodný jejich velký součinitel objemové roztažnosti (až desetkrát větší než pro korozivzdornou ocel) a je tedy nutno je zabudovat tak, aby byla možná nezávislá dilatace tohoto izolačního materiálu a kovových stěn kontejneru.

Další nevýhodou je dosti vysoká měrná tepelná vodivost (řádově $10^{-2} \text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$). Proto se tato izolace užívá nejčastěji na nádoby pro krátkodobé pěchování kapalných plynů. Např. v ÚPT ČSAV v Brně se ze zpěnitelného polystyrenu zhotovují pracovní nádoby na LN_2 , kde tloušťka stěny 4 litrové nádoby je 3 cm a k úplnému odpaření LN_2 dochází asi za 14 hodin.

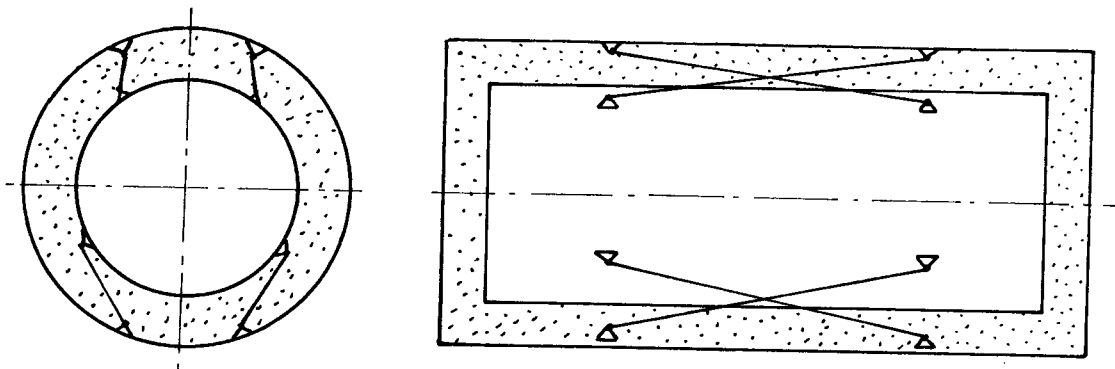
4.3.2. Typy používaných nádrží

Protože je třeba sladit požadavky na nádrž, jak z hlediska izolace, tak i použitého plynu, je třeba také užít odpovídající konstrukce celé nádrže. Ta se většinou volí dle zvláštních požadavků (tvar, umístění, objem atd.), tak i dle použité izolace.

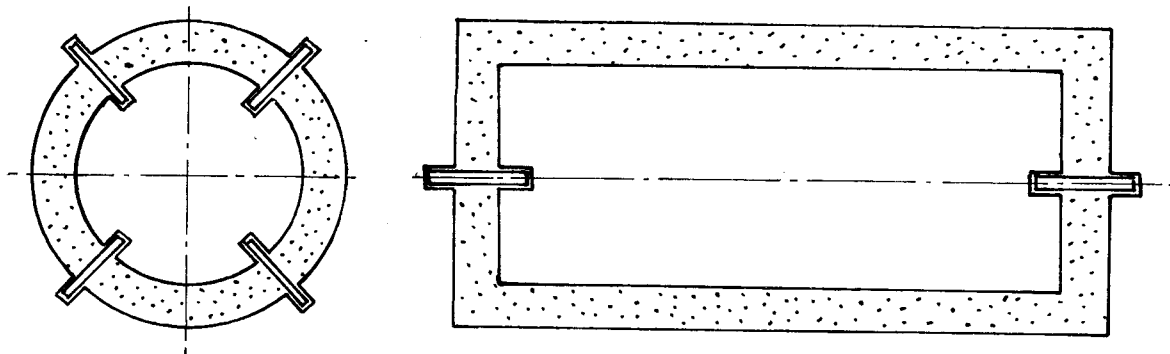
U čistě vakuových nádrží s menším objemem se užívají typické Dewarovy nádoby (viz obr. 4), u kterých se může vnitřní nádoba ještě podepřít ve spodní části.

U vakuopráškových izolací je třeba zachytit vnitřní nádobu pevnými závěsy odlišného typu. A to buď kovovými tyčemi dle obrázku 5, nebo podpěr^{ami} málo vodivého materiálu dle obr. 6 a 7. Podobné uchycení bývá i u nádrží s mnohavrstvou izolací.

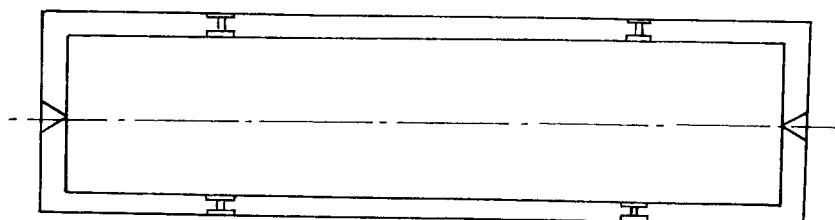
Kryogenní nádrže se konstruuji jako stojaté i ležaté a bývají většinou válcového nebo kulového tvaru.



Obr. 5 - Schéma nádoby zavěšené na kovových tyčích

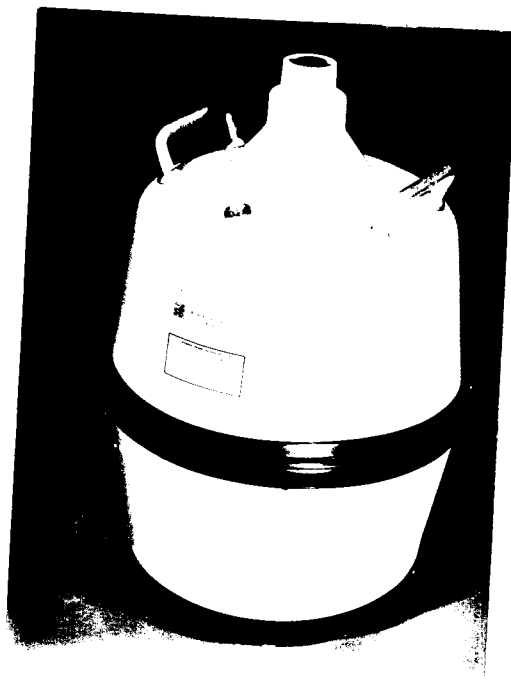


Obr. 6 - Schéma nádrže podepřené tyčemi z málo vodivého materiálu



Obr. 7 - Schéma nádoby podepřené prstenci

Skutečné provedení kryogenní nádoby na LN_2 , kterou vyrábí STS Říčany je na obr. 8.



Obr. 8 - Nádrž na kapalný dusík

4.3.3. Výpočet izolace nádrže

Z hlediska zástavby nádrže do vozidla (viz obrázek v příloze) je třeba volit co nejmenší tloušťku izolace a dlouhou ležatou nádrž válcového tvaru, a je proto pro vlastní přestavbu zvolena nádrž s mnohovrstvou izolací dle obr. 7.

Výpočet izolace i množství postoupeného tepla je prováděn dle (L 2).

Přestup tepla rovinnou deskou o ploše $A [m^2]$ a tloušťce $d [m]$ je dán vztahem

$$\dot{Q} = \frac{\lambda \cdot A \cdot (T_2 - T_1)}{d} \quad (W) \quad (1)$$

kde $\lambda [Wm^{-1}K^{-1}]$ je měrná tepelná vodivost materiálu desky a T_2, T_1 jsou teploty jejich stěn. Obdobně je stanoven tok tepla válcovou stěnou na jednotkovou délku (ve směru osy) válce

$$\dot{Q} = \frac{2\pi \cdot \lambda \cdot (T_2 - T_1)}{\ln(d_2/d_1)} \quad (Wm^{-1}) \quad (2)$$

kde d_2 a d_1 je vnější a vnitřní průměr válcové stěny.

Pro potřebný akční radius vozidla je zvolen objem nádrže 50 l. Dle čísla výkresu KSD-032-01 je potom délka vnitřní nádrže 1,203 m a průměr $d_1 = 0,23$ m. Tloušťka izolace je 3 cm ($d_2 = 0,29$ m) při měrné tepelné vodivosti izolace $\lambda = 0,00005 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$.

Množství tepla prostoupeného pláštěm je dle vztahu (2) na 1 m:

$$\dot{Q}_p = \frac{2\pi \cdot 0,00005 \cdot (300 - 113)}{\ln(0,29/0,23)} = 0,212 [\text{Wm}^{-1}]$$

na 1,2 m je to

$$0,212 \cdot 1,2 = 0,255 [\text{Wm}^{-1}]$$

Množství tepla prostoupeného dnem je dle vztahu (1) při ploše

$$A = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,23^2}{4} = 0,18 [\text{m}^2] \quad (3)$$

$$\dot{Q}_d = \frac{0,00005 \cdot 0,18 \cdot (300 - 113)}{0,03} = 0,0561 [\text{W}]$$

Množství tepla prostoupeného prstenci je dle (1) při ploše

$$A = \pi \cdot d_1 \cdot S = \pi \cdot 0,23 \cdot 0,003 = 0,0021 [\text{m}^2] \quad (4)$$

kde: S = tloušťka stojiny prstence [m]

$$\dot{Q}_{pr} = \frac{0,341 \cdot 0,0021 \cdot (300 - 113)}{0,03} = 4,6 [\text{W}]$$

Na opěry je užito laminátu U, který má měrnou tepelnou vodivost $\lambda = 0,341 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$.

Protože dle (L 2) je množství prostoupeného tepla bodovým dotykem 30 - 50krát menší než při plném styku, bude množství prostoupeného tepla prstenci přibližně 0,115 W.

Podobně bude množství tepla prostoupeného jednotlivými kroužky přibližně dle (1) při

$$A = \pi \cdot d_0 \cdot s = \pi \cdot 0,03 \cdot 0,003 = 0,28 \cdot 10^{-3} [\text{m}^2] \quad (5)$$

kde: d_0 - průměr kružnice dotyku [m]
 s - tloušťka stěny kroužku [m]

levým kroužkem

$$\dot{Q}_{KL} = \frac{0,341 \cdot 0,28 \cdot 10^{-3} \cdot 187}{0,032} = 0,563 [\text{W}]$$

pravým kroužkem

$$\dot{Q}_{KP} = \frac{0,341 \cdot 0,28 \cdot 10^{-3} \cdot 187}{0,051} = 0,353 [\text{W}]$$

to je celkem: $0,563 + 0,353 = 0,916$ W, což je ve skutečnosti asi 0,023 W.

Množství tepla prostoupeného přívodními trubkami dle (1)

při

$$A = \pi \cdot s_1 \cdot d = \pi \cdot 5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,01 \cdot 0,15 \cdot 10^{-4} [\text{m}^2] \quad (6)$$

kde: s_1 - tloušťka stěny trubky [m]
 d - průměr trubky [m]

$$\dot{Q}_T = \frac{10,5 \cdot 0,15 \cdot 10^{-4} \cdot 187}{0,19} = 0,155 [\text{W}]$$

pro korozivzdornou ocel je $\lambda = 10,5 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$, délka trubky je 0,19 m.

Celkový přestup tepla je potom:

$$\begin{aligned}\dot{Q}_c &= \dot{Q}_p + 2\dot{Q}_D + 2\dot{Q}_{PR} + \dot{Q}_K + 2\dot{Q}_{TR} = 0,255 + 2 \cdot 0,0561 + \\ &+ 2 \cdot 0,115 + 0,023 + 2 \cdot 0,155 = 0,930 [\text{W}] = 3,35 [\text{KJ/h}]\end{aligned}\quad (7)$$

Množství odpařeného KZP

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}_c}{c} = \frac{3,35}{502,3} = 0,0066 [\text{kg/h}]\quad (8)$$

kde: c - výparné teplo KZP $[\text{KJ} \cdot \text{kg}^{-1}]$

Aby nedocházelo k úniku odpařeného ZP přes pojistný ventil velmi často, bude nádrž naplněna pouze 40 l kapalného zemního plynu. Množství ZP, které je v objemu 10 l pod tlakem 0,4 MPa a o teplotě 113 K

$$m_1 = \frac{p \cdot V_1}{r \cdot T} = \frac{0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,01}{519,6 \cdot 113} = 0,068 [\text{kg}]\quad (9)$$

kde: r - plynová konstanta ZP $[\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}]$.

$$m_2 = \frac{p \cdot V_2}{r \cdot T} = \frac{0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,03}{519,6 \cdot 113} = 0,204 [\text{kg}]$$

Doba, ze kterou stoupne tlak na 0,4 MPa v plné nádrži:

$$t_1 = \frac{m_1}{\dot{m}} = \frac{0,068}{0,0066} = 10,3 [\text{hod.}]\quad (10)$$

Doba, ze kterou stoupne tlak na 0,4 MPa v nádrži naplněné do poloviny

$$t_2 = \frac{m_2}{\dot{m}} = \frac{0,204}{0,0066} = 30,9 [\text{hod.}]$$

Tato doba se většinou volí 2 dny, t.j. 48 hodin. Bylo by tedy nutno se této hodnotě, pomocí experimentálního měření na skutečné nádobě, přiblížit.

Pokud by bylo užito vakuumpráškové izolace je výhodnější použití stojaté nádrže (z hlediska co nejmenšího zmenšení ložné plochy vozidla) s podpěrrou ve spodní části nádoby. Pro přibližně stejnou dobu uchování KZP v nádrži by bylo třeba tloušťky izolace 8 cm.

4.3.4. Návrh a výpočet tlakových nádob

Orientační pevnostní výpočet je prováděn dle (L 2).

Pro válcový plášť s vnitřním přetlakem (vnitřní nádoba) je nejmenší tloušťka stěny

$$s = \frac{p \cdot D_1}{2 \sigma_D} = \frac{0,5 \cdot 0,23}{2 \cdot 130} = 4,4 \cdot 10^{-4} [\text{m}] \quad (11)$$

kde: s - tloušťka stěny [m]

D_1 - průměr [m]

p - přetlak [MPa]

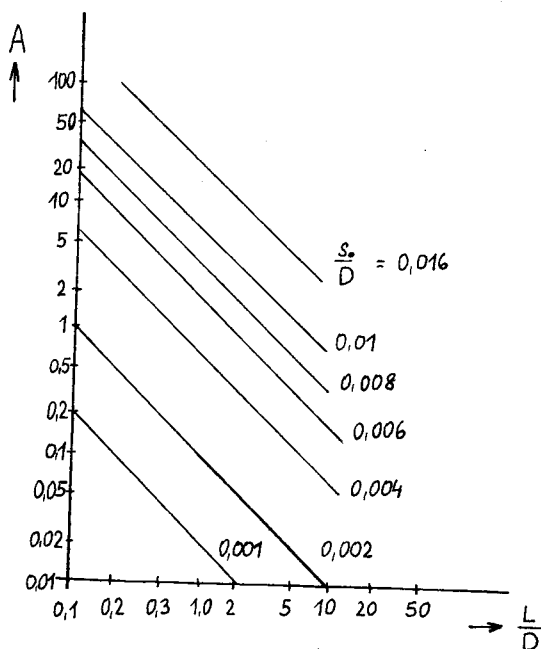
σ_D - dovolené namáhání [MPa], pro mat. 17 246 je
250 - 270 MPa

$$\sigma_D = \frac{\sigma_K}{x} = \frac{260}{2} = 130 [\text{MPa}] \quad (12)$$

kde: σ_K - mez kluzu materiálu [MPa]

x - bezpečnost

Protože by vyhovovala i velmi tenká stěna, je třeba kontrolovat plášť na stabilitu.



Obr. 9 - Graf pro výpočet tloušťky nádob

Vypočítají se hodnoty

$$A' = \frac{10^6 \cdot p}{E} = \frac{10^6 \cdot 0,5}{20\,700} = 2,415 \quad (13)$$

kde: E - modul pružnosti [MPa]

p - přetlak [MPa]

$$\frac{L_1}{D_1} = \frac{1,2}{0,23} = 5,21$$

$$\text{přepočet } A = A' \cdot \frac{x'}{4} = 2,415 \cdot \frac{1}{2} = 1,207$$

$$s_0 = 0,009 \cdot D = 0,009 \cdot 0,23 = 0,002 \text{ [m]}$$

} ⇒ dle obr. 9

Pro výpočet dna platí vztah pro min. tloušťku

$$s_1 = 0,7 \cdot p \cdot \frac{D}{\sigma_b} = 0,7 \cdot 0,5 \cdot \frac{0,23}{130} = 6 \cdot 10^{-4} \text{ [m]} \quad (14)$$

Pro výpočet klenutého dna platí

$$s \geq \frac{D_1 \cdot p \cdot s}{4 \sigma_D} = \frac{0,23 \cdot 0,5 \cdot 5}{4 \cdot 130} = 0,0011 \text{ [m]} \quad (15)$$

kde: D_1 - průměr nádoby [m]

p - přetlak [MPa]

β - opravňovací součinitel pro $\frac{H_1}{D_1} = \frac{0,03}{0,23} = 0,13$ je $\beta = 5$

σ_D - dovolené namáhání MPa

Oproti výpočtovým vztahům se volí tloušťka dna o 1 mm větší. Tloušťka pláště i dna je 2 mm.

Pro válcový plášť s vnějším přetlakem (vnější nádoba) je nejmenší tloušťka stěny dle (11)

$$s = \frac{p \cdot D_2}{2 \cdot \sigma_D} = \frac{0,1 \cdot 0,29}{2 \cdot 150} = 9,6 \cdot 10^{-5} \text{ [m]}$$

kde: p - přetlak [MPa]

D_2 - průměr vnější nádoby [m]

dle (12) je

$$\sigma_D = \frac{\sigma_K}{x} = \frac{300}{2} = 150 \text{ MPa}$$

pro ocel 11 500.1 je $\sigma_K = 300 \text{ MPa}$.

Výpočet dle (13)

$$A' = \frac{10^6 \cdot 0,1}{20 \cdot 700} = 0,483$$

$$\frac{L_2}{D_2} = \frac{1,32}{0,29} = 4,55$$

$$A = A' \cdot \frac{x'}{4} = 0,483 \cdot \frac{1}{2} = 0,2415$$

dle obr. 9

$$S = 0,29 \cdot 0,005 = 0,0014 \text{ [mm]}$$

kde: L_2 - délka vnější nádoby = 1,32 [m]

Výpočet nejmenší tloušťky klenutého dna dle (15)

$$s \geq \frac{D_2 \cdot p \cdot \beta}{4 \cdot \sigma_D} = \frac{0,29 \cdot 0,1 \cdot 5,5}{4 \cdot 150} = 0,00026 + \\ + 0,001 = 0,0013 \text{ [m]}$$

kde: β - opravný součinitel pro $\frac{H_2}{D_2} = \frac{0,03}{0,29} =$
 $= 0,103$ je $\beta = 5,5$

Konečná tloušťka pláště je 1,5 mm a dna je 1,3 mm.

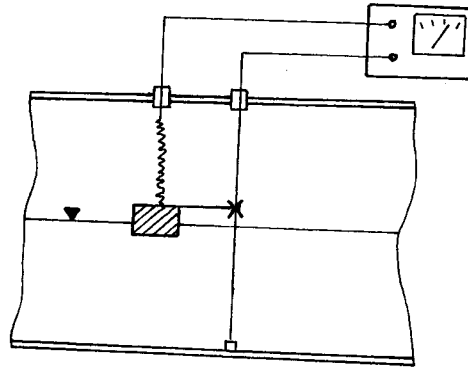
Výpočet víka jako desky vetknuté na obvodu

$$s = 0,5 \cdot D_2 \left(\frac{p}{\sigma_D}\right) = 0,5 \cdot 0,29 \cdot \left(\frac{0,1}{150}\right) = 0,0037 = \\ = 4 \text{ [mm.]}$$

4.3.5. Měření hladiny kapaliny

Dá se říci, že existuje mnoho druhů hladinoměů. Některé jsou schopny detekovat rozhraní kapalné fáze a páry, jiné měří výšku sloupu kapaliny ode dna po hladinu, některé typy měří kontinuálně, jiné udávají pouze diskrétní hodnoty. Na našem trhu nejsou dostupná komerčně vyráběná zařízení mimo termistorového hladinoměru LN₂ a supravodivého hladinoměru LHe, které vyrábí n.p. Metra Blansko.

Protože je třeba, aby řidič vozidla měl představu o množství KZP v nádrži, ale není nutné toto množství znát velice přesně. Tyto požadavky splňuje plovákový hladinoměr s elektromechanickými snímači polohy dle (L 2). Jako odporový snímač slouží napjatý ocelový drát, po němž klouže kontakt spojený s plovákem, který mění lineárně odpor v závislosti na výšce hladiny. Jako měřícího zařízení je užito ampérmetru, který je ocejchován obdobně jako ukazatel paliva pro automobily s benzinovým pohonem.



Obr.10 - Schéma plovákového hladinoměru

4.3.6. Popis konstrukce

Vnitřní nádoba je svařena z materiálu 17 246 o tloušťce 2 mm. Vnější nádoba je z materiálu 11 500 a to plášť o tloušťce 1,5 mm a dno o tloušťce 1,3 mm. Nádoba je zakryta víkem o tloušťce 4 mm, které je přišroubováno 8 šrouby M6. Víkem procházejí přívodní trubky o průměru 12 a 17 mm, které jsou utěsněny gumovými kroužky. Na přívodních trubkách jsou připevněny měděné vlnovce, které dovolují dilataci trubek i nádrží. Pro odčerpání vzduchu z vakuového prostoru je užito vakuového ventilu dle (L 10). Bylo by možné použít pouhého smáčknutí olověné trubky, u tohoto použitého způsobu je však jednodušší kontrola a udržení vakua.

4.3.7. Umístění a uchycení nádrže

Nádrž je umístěna v ložném prostoru za sedadla řidiče a spolujezdce dle obr. v příloze. K podložce přišroubované k podlaze vozidla, kterou je třeba v tomto místě vyztužit, je připevněn plochý pás, kterým je nádrž přitažena k podložce.

Protože ocelový pás je namáhán hlavně na tah, vypočte se průřez materiálu ze vztahu:

$$S = \frac{F}{\sigma_{DOV}}$$

(16)

kde: F - setrvačná síla při nárazu [N]
 σ_{DOV} - dovolené namáhání v tahu [MPa]

Síla F se vypočte ze vztahu:

$$F = m \cdot a = 50 \cdot 20 = 10\,000 \text{ [N]} \quad (17)$$

kde: m - hmotnost celé nádrže kg
 a - maximální zpomalení vozidla při nárazu -
je zvolena hodnota 20 g

Hmotnost nádrže se vypočte ze vztahu

$$m_c = m_1 + m_2 + m_3 = 16,6 + 31,14 + 1,86 = 49,6 = 50 \text{ [kg]} \quad (18)$$

kde: m_1 - hmotnost celé náplně nádrže [kg]
 m_2 - hmotnost ocelových nádob [kg]
 m_3 - hmotnost izolace [kg]

Protože je zvolen materiál pásu 11 500, který má mez pevnosti 500 MPa, při bezpečnosti $k = 2$ bude dovolené namáhání $\sigma_{DOV} = 250$ MPa. Napětí, které vznikne v pásu přitažením nádrže je ve srovnání s max. napětím velmi malé.

Průřez materiálu dle (16) tedy bude:

$$S = \frac{10\,000}{250} = 40 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Protože nádrž je uchycena ve dvou místech, tato hodnota se dělí 2, což je 20 mm². Této hodnotě vyhovuje šroub M8 i ocelový pás dle výkresu KSD-032-02.

Dle obr. v příloze je nutno zkrátit sklopné lavice u stěn o cca 120 mm a je také nutno odstranit přední plechové schránky až k podběhu zadních kol. Z hlediska větší bezpečnosti by bylo vhodné celý prostor nádrže i ovládacích prvků ventilů zakrýt krycím plechem potřebného tvaru.

4.4. Výměník tepla, odpařovač

Protože je zemní plyn skladován v kapalně formě, je třeba k jeho odpaření dodat teplo. Také je třeba dodat teplo pro ohřátí plynu, protože při regulaci tlaku plynu dojde ke snížení teploty. Z těchto důvodů je třeba zařadit do palivové soustavy vhodný výměník tepla. Jako zdroj tepla může být použit: okolní vzduch, výfukové plyny, mazací olej, chladicí kapalina a kombinace těchto způsobů.

Pro zvolený výměník je použito jako zdroje tepla chladicí kapaliny, protože tento způsob je používán nejčastěji a výměník vychází také rozměrově nejmenší. Nevýhodou tohoto způsobu je možnost zamrznutí vody ve výměníku při studených startech motoru.

Výměník je konstruován jako protiproudý s potřebným výkonem pro odpaření plynu a jeho ohřátím na teplotu cca 15 °C.

4.4.1. Výpočet délky trubkového hadu výměníku

Pro výpočet je užito vztahů dle (L 5), stejně jako fyzikálních konstant potřebných pro tento výpočet. Protože je velmi obtížné zjištění těchto konstant, je užito fyzikálních konstant pro metan, kterého je v ZP 94%.

Z měření na stejném typu motoru byla zjištěna spotřeba kalového plynu, který má velmi podobné složení jako zemní plyn, při max. výkonu 14 kg/hod., což je 4 g/s. Odpařovač je konstruován na toto množství a ke snížení výkonu odpařovače slouží automatická regulace dle obr. 3 pomocí kontaktního manometru.

Výpočet potřebného tepelného výkonu výměníku:

$$\dot{Q} = m \cdot c_v + m \cdot c_p \cdot \Delta t = 0,004 \cdot 120 \cdot 4,186 + 0,004 \cdot 2,165 \cdot 175 = 3525 \text{ [W]} \quad (19)$$

kde: m - vteřinové množství odpařeného plynu [kg/s]

c_v - měrné teplo při konst. objemu [J/kgK]

c_p - měrné teplo při konst. tlaku [J/kgK]

Δt - rozdíl teplot odpařeného a ohřátého plynu [K]

Množství chladící kapaliny potřebné pro tento výkon:

$$M_{\text{CHK}} = \frac{\dot{Q}}{c_p \cdot \Delta t} = \frac{3,525}{4,186 \cdot 15} = 0,057 \text{ [kg/s]} = 202 \text{ [kg/h]} \quad (20)$$

kde: \dot{Q} - tepelný výkon výměníku [kW]
 c_p - měrné teplo vody při konst. tlaku [KJ/kgK]
 Δt - zvolený rozdíl na vstupu a výstupu výměníku [K]

a) Výpočet součinitele přestupu tepla pro odpaření plynu vychází ze vztahu pro výpočet Nusseltova čísla:

$$Nu = 7 \cdot Pr^{-0,35} (Pe \cdot Kp)^{0,7} \quad (21)$$

kde: Pr - Prandtlovo číslo
 Pe - Pécletovo číslo
 Kp - opravný koeficient

Koeficient Kp se určí z následujícího vztahu:

$$Kp = \frac{p}{\sqrt{G \cdot g \cdot (\rho' - \rho'')}} = \frac{0,1 \cdot 10^6}{\sqrt{12,43 \cdot 10^{-3} \cdot 9,81(415 - 0,717)}} = 14\,069,5 \quad (22)$$

kde: p - nejnižší tlak plynu v nádrži [Pa]
 G - koeficient povrchového pnutí KZP [N/m]
 ρ' - měrná hmotnost kapaliny [kg/m³]
 ρ'' - měrná hmotnost plynu [kg/m³]

Výpočet Prandtlova čísla:

$$Pr = \frac{c \cdot \nu_k \cdot \rho_k}{\lambda_k} = \frac{3449 \cdot 0,36 \cdot 10^{-6} \cdot 4,15}{0,185} = 2,78 \quad (23)$$

kde: c - měrné teplo KZP při 110 K [J/kgK]
 ν_k - kinematická viskozita KZP [N.s/m²]
 ρ_k - měrná hmotnost KZP [kg/m³]
 λ_k - souč. tepelné vodivosti KZP [W/mK]

Pécletovo číslo je součin Reynoldsova a Prandtlova čísla

$$Pe = Re \cdot Pr, \quad (24)$$

proto je nutné znát rychlost proudění plynu, což je

$$w_p = \frac{Q}{\zeta_k \cdot S} = \frac{0,004}{415 \cdot 7,8 \cdot 10^{-5}} = 0,122 \text{ [m/s]} \quad (25)$$

kde: S - průřez trubky odpařovače [m^2]

potom Reynoldsovo číslo je:

$$Re = \frac{w \cdot d}{\nu} = \frac{0,122 \cdot 0,01}{0,36 \cdot 10^{-6}} = 3401 \quad (26)$$

a Pécletovo číslo je:

$$Pe = 3401 \cdot 2,78 = 9454,8.$$

Nusseltovo číslo dle vztahu (21) je:

$$Nu = 7 \cdot 10^{-4} \cdot 2,78^{-0,35} (9454,8 \cdot 14\,069,5)^{0,7} = 237,9.$$

Protože pro výpočet Nu čísla platí obecný vztah

$$Nu = \frac{\alpha \cdot d}{\lambda}, \quad (27)$$

potom součinitel přístupu tepla pro odpaření

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda_k}{d} = \frac{237,9 \cdot 0,185}{0,01} = 4\,401,5 \text{ [W/m}^2\text{K]} \quad (28)$$

b) Výpočet součinitele přístupu tepla pro ohřátí plynu vychází ze vztahu

$$Nu = 0,023 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,4} \quad (29)$$

kde Re je dle vztahu (25) a (26)

$$Re = \frac{\dot{Q} \cdot d}{\rho \cdot S \cdot \nu_p} = \frac{0,004 \cdot 0,01}{0,717 \cdot 7,8 \cdot 10^{-5} \cdot 48,8 \cdot 10^{-7}} = 185\,666$$

kde: ν_p - kinematická viskozita plynu [$N \cdot s/m^2$]

a Pr dle vztahu (23)

$$Pr = \frac{c \cdot \gamma}{\lambda} = \frac{2165 \cdot 35 \cdot 10^{-7}}{0,022} = 0,344$$

kde: γ - dynamická viskozita plynu [m^2/s],

potom Nusseltovo číslo je

$$Nu = 0,023 \cdot 185\,666^{0,8} \cdot 0,344^{0,4} = 259,7$$

a dle vztahu (28) je

$$\alpha = \frac{259,7 \cdot 0,022}{0,01} = 571,38 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

c) Výpočet součinitele přestupu tepla na straně vody vychází ze vztahu

$$Nu = 0,2 \cdot Cz \cdot Re^{0,66} \cdot Pr^{0,35} \quad (30)$$

kde: Cz - opravný koeficient pro 4 závity = 0,94

$$Re = \frac{w \cdot d_e}{\nu} = \frac{0,012 \cdot 0,0385}{0,4151 \cdot 10^{-6}} = 1101$$

kde: d_e - ekvivalentní průměr [m]

$$d_e = \frac{4S}{O} = \frac{4 \cdot 0,0048}{0,503} = 0,0385 \text{ [m]} \quad (31)$$

kde: S - plocha průřezu [m^2]

O - smáčivý obvod [m]

dle vztahu (25) je rychlost vody

$$w = \frac{Q_w}{\rho \cdot S} = \frac{0,057}{1000 \cdot 0,0048} = 0,012 \text{ [m/s]}$$

dle vztahu (23) je Prandtlovo číslo

$$Pr = \frac{c \cdot \nu \cdot \rho}{\lambda} = \frac{4186 \cdot 0,4151 \cdot 10^{-3}}{0,55} = 3,159 \quad (32)$$

kde: c - měrné teplo vody [J/kgK]

ν - kinematická viskozita vody [N.s/m²]

ρ - měrná hmotnost vody [kg/m³]

λ - součinitel tepelné vodivosti [W/mK]

Potom součinitel přestupu je dle (28) a (30)

$$\alpha = \frac{\lambda}{d} \cdot 0,2 \cdot Cz \cdot Re^{0,66} \cdot Pr^{0,35} = \frac{0,55}{0,012} \cdot 0,2 \cdot 0,94 \cdot 1101^{0,66} \cdot 3,159^{0,35} = 1311,5 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

d) Výpočet součinitele prostupu tepla:

$$K = \frac{\pi}{\frac{1}{\alpha_1 \cdot d_1} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot d_2} + \frac{1}{2 \lambda_{Cu}} \cdot \ln \frac{d_1}{d_2}} \quad (33)$$

kde: d_1, d_2 - součinitelé přestupu tepla kapaliny (plynu) a vody [W/m²K]

d_1, d_2 - vnitřní a vnější průměr trubky [m]

λ_{Cu} - součinitel tepelné vodivosti mědi [W/mK]

K - součinitel prostupu tepla [W/m²K]

Výpočet K pro odpaření plynu dle (33):

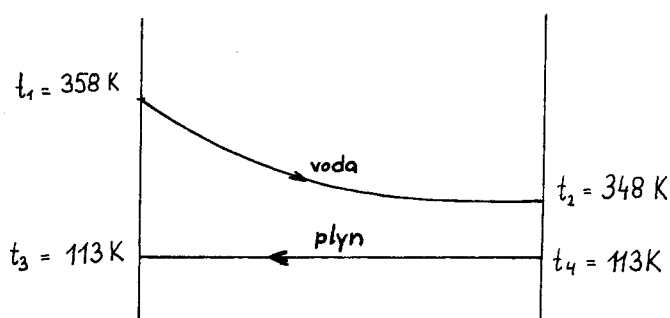
$$K = \frac{\pi}{\frac{1}{4401 \cdot 0,01} + \frac{1}{1311,5 \cdot 0,012} + \frac{1}{2 \cdot 446} \cdot \frac{0,01}{0,012}} = 36,6 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

Výpočet K pro ohřátí plynu dle (33):

$$K = \frac{\pi}{\frac{1}{571,4 \cdot 0,01} + \frac{1}{1311,5 \cdot 0,012} + \frac{1}{2,446} \ln \frac{0,01}{0,012}} = 13,18 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

e) Výpočet střední logaritmické teploty:

- pro odpaření:



$$\begin{aligned} \Delta t_1 &= t_1 - t_3 = \\ &= 358 - 113 = 245 \text{ [K]} \end{aligned} \quad (34)$$

$$\begin{aligned} \Delta t_2 &= t_2 - t_4 = \\ &= 348 - 113 = 235 \text{ [K]} \end{aligned} \quad (35)$$

Obr. 11 - Průběh změn teplot vody a KZP

$$\overline{\Delta t} = \frac{t_1 - t_2}{2,3 \log \frac{t_1}{t_2}} = \frac{245 - 235}{2,3 \log \frac{245}{235}} = 240,2 \text{ [K]} \quad (36)$$

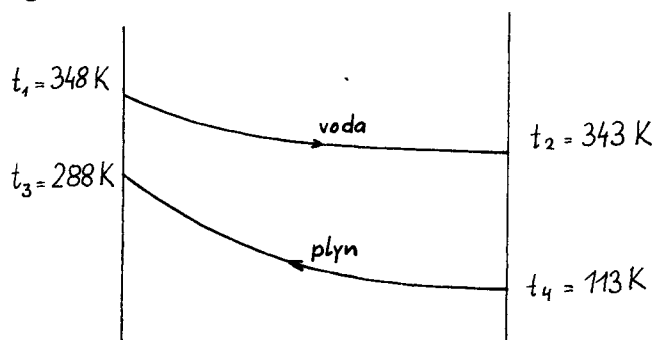
kde: t_1 - teplota vody před vstupem do odpařovače [K]

t_2 - teplota vody na výstupu z odpařovače [K]

t_3 - teplota plynu na výstupu z odpařovače [K]

t_4 - teplota plynu na vstupu do odpařovače [K]

- pro ohřátí:



$$\Delta t_1 = 348 - 288 = 60 \text{ [K]}$$

$$\Delta t_2 = 343 - 113 = 230 \text{ [K]}$$

Obr. 12 - Průběh změn teplot vody a ZP

f) Výpočet potřebné délky trubky je dle vztahu

$$L = \frac{\dot{Q}}{K \cdot \Delta t} \quad [\text{m}] \quad (37)$$

kde: \dot{Q} - výkon výměníku pro odpaření (ohřátí) plynu [W]

K - součinitel prostupu tepla [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]

t - střední logaritmická teplota [K]

- délka pro odpaření dle (37)

$$L_{\text{OD}} = \frac{2000}{37 \cdot 240} = 0,225 \text{ [m]}$$

- délka pro ohřátí dle (37)

$$L_{\text{OH}} = \frac{1525}{13,2 \cdot 126,6} = 0,909 \text{ [m]}$$

což je sečtením 1,134 m měděné trubky o vnitřním průměru 10 mm.

Počet závitů je při středním průměru 0,08 m:

$$z = \frac{l_c}{\pi \cdot d_s} = \frac{1,134}{\pi \cdot 0,08} = 4,5 \approx 4 \text{ závity} \quad (38)$$

4.4.2. Popis konstrukce

Základem odpařovače je svinutá měděná trubka, na kterou je připájeno šroubení a je vložena do pláště svařeného z plechu tloušťky 1,5 mm. Za vstupem pro vodu do odpařovače je přivařen plechový vířič, který by měl zamezit proudění vody pouze středem odpařovače dle č.v. KSD-032-03.

Odpařovač je zařazen do chladicího okruhu motoru mezi výstup pro vytápění vozidla a čerpadlo. S těmito prvky je spojen pomocí pryžové hadice o vnitřním průměru 10 mm.

Odpařovač je připevněn 2 šrouby M8 nad motorem na přepážce mezi kabinou a motorem.

4.5. Regulátor tlaku

Při použití kvantitativní regulace výkonu musí být celkové tlaky plynu a vzduchu v odměřovacím průřezu přibližně stejné. Z přibližného vyjádření platí:

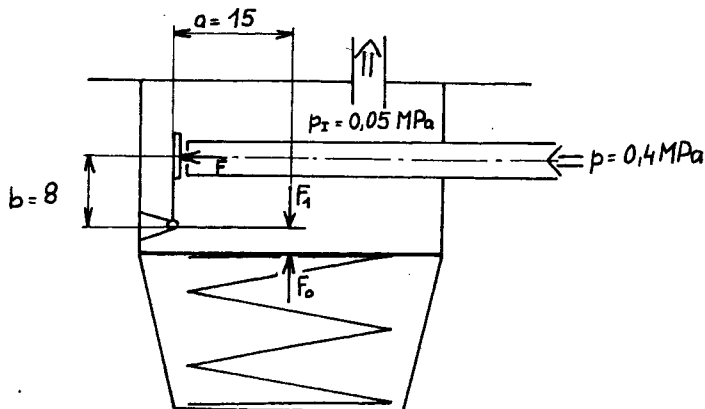
$$s = \frac{\mu_p S_p}{\mu_v S_v} \sqrt{\frac{S_p}{S_v} \left(1 - \frac{h}{p_v - p}\right)} \quad (39)$$

- kde: S_p, S_v - odměřovací průřez pro palivo (vzduch)
 $\mu_p, (\mu_v)$ - průtokový součinitel pro palivo (vzduch)
 $\rho_p, (\rho_v)$ - měrná hmotnost paliva (vzduchu)
 $p_p, (p_v)$ - celkový tlak paliva (vzduchu)
 p - statický tlak v odměřovacím průřezu
 h - rozdíl tlaků vzduchu a paliva
 s - hmotnostní směšovací poměr

Ze vztahu je zřejmé, že změna velikosti h způsobuje velké změny ve směšovacím poměru. Je tedy zpravidla nutné použít regulátor s několika stupni. V tomto případě je dvoustupňový (I. stupeň reguluje na 0,05 MPa, II. stupeň dle podtlaku v sacím potrubí), protože přetlak v nádrži není příliš vysoký. Jednotlivé stupně jsou řešeny jako membránové, zatížené pružinou. Mezi membránou a kuželku ventilu je ještě zařazen pákový převod.

Jako II. regulačního stupně je užito regulátoru, který je namontován na přestavěném vozidle stejného typu pro provoz na upravený kalový plyn. K tomuto regulátoru je přišroubováno těleso I. reg. stupně dle č.v. KSD-032-04.

Celý regulátor je umístěn na čelní stěně na zvláštním držáku a je zapojen dle obr. v příloze.

4.5.1. Výpočet sil na I. reg. stupni

Ze statické rovnováhy:

$$F \cdot b + F_o \cdot a - F_1 \cdot a = 0 \quad (40)$$

a rovností sil $F_o = F_1$
k udržení rovnovážného
stavu plyne:

$$F_o = F_1 - \frac{F \cdot b}{a} \quad (41)$$

Obr. 13 - Schéma I. reg. stupně

Síla F_1 na membránu je:

$$F_1 = p_I \cdot \frac{\pi \cdot D_s^2}{4} = 0,05 \cdot 10^6 \cdot \frac{\pi \cdot 0,04^2}{4} = 62,8 \text{ [N]} \quad (42)$$

kde: p_I - tlak v I. reg. stupni [Pa] D_s - průměr membrány [m]Síla F na kuželku je:

$$F = p \cdot \frac{\pi \cdot d_o^2}{4} = 0,4 \cdot 10^6 \cdot \frac{\pi \cdot 0,004^2}{4} = 11,3 \text{ [N]} \quad (43)$$

kde: p - max. tlak před regulátorem [Pa] d_o - vnitřní průměr kuželky [m]Potom dle vztahu (41) je síla F :

$$F = 62,8 - \frac{8 \cdot 11,3}{15} = 56,8 \text{ [N]}$$

Zdvih páky je

$$s = \frac{d_o}{4} = \frac{6}{4} = 1,5 \text{ [mm]} \quad (44)$$

Výpočet průměru drátu pružiny je dle vztahu:

$$d = \sqrt[3]{\frac{8F_0 \cdot D_s \cdot \varphi}{\pi \cdot \tau_{DOV}}} = \sqrt[3]{\frac{8 \cdot 57 \cdot 25 \cdot 1,15}{\pi \cdot 300}} = 2,4 \approx 2,5 [\text{mm}] \quad (45)$$

kde: D_s - střední průměr závitu pružiny [mm]

φ - korekční součinitel

τ_{DOV} - dovolené namáhání drátu pružiny [MPa]

Počet činných závitů pružiny je dle vztahu:

$$n_{\check{c}} = \frac{y \cdot G \cdot d^4}{8 \cdot F_0 \cdot D_s^3} = \frac{8 \cdot 8 \cdot 10^4 \cdot 2,5^4}{8 \cdot 57 \cdot 25^3} = 3,5 [\text{mm}] \quad (46)$$

kde: y - stlačení pružiny [mm]

G - modul pružnosti ve smyku pro ocel [MPa]

d - průměr drátu pružiny [mm].

Volná délka pružiny je dle vztahu:

$$L_0 = y + n \cdot d + n_{\check{c}} \cdot 0,2 \cdot d = 8 + 5 \cdot 2,5 + 3,5 \cdot 0,2 \cdot 2,5 = 22,25 [\text{mm}] \quad (47)$$

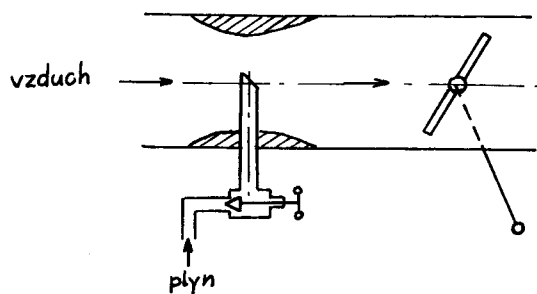
kde: n - počet závitů pružiny včetně závěrných.

Protože konstrukce celého II. reg. stupně byla převzata jen s drobnými změnami, výpočet sil na II. reg. stupni byl prováděn pouze pro kontrolu a není tedy zde uváděn.

4.6. Směšovač

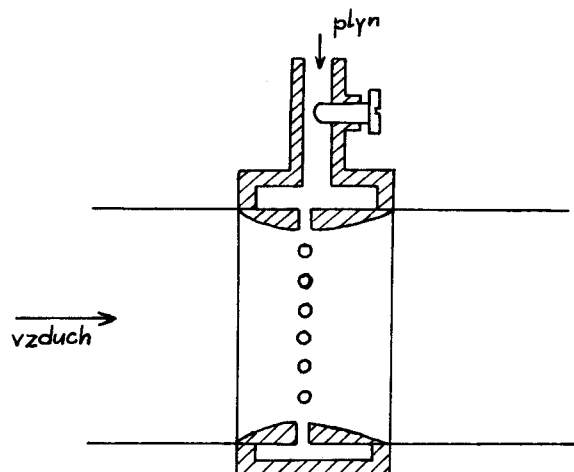
Konstrukční řešení směšovače je dáno způsobem regulace. Při kvantitativní regulaci, která je nutná pro zážehový motor, musí mít směšovač odměřovací průřezy pro vzduch a plyn a škrtkící orgán pro ovládání množství nasávané směsi (obr. 14).

Směšovač pro motor ARO M-207 je konstruován jako směšovač s pevným difuzorem a nastavitelným průřezem pro plyn.



Obr. 14 - Schema kvantitativní regulace

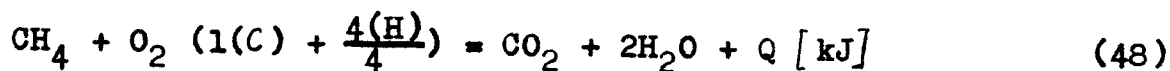
K lepšímu smísení plynu se vzduchem není užito jednoduché trysky dle obr. 14, ale difuzoru s velkým počtem menších otvorů v nejužším místě, kterými proudí plyn.



Obr. 15 - Schema směšovače

4.6.1. Výpočet teoretického množství vzduchu

Teoretický směšovací poměr ($\lambda = 1$) pro KZP s obsahem 94% CH_4 lze přibližně určit se slučovací rovnice:



Teoretické množství kyslíku pro 1 m³ KZP je:

$$v_K^{\text{teor}} = \left(1 + \frac{4}{4}\right) \cdot 0,94 = 1,88 \text{ [m}^3\text{]} \quad (49)$$

Teoretické množství vzduchu tedy bude:

$$v_V^{\text{teor}} = \frac{1,88}{0,21} = 8,95 \text{ [m}^3\text{]} \quad (50)$$

4.6.2. Výpočet průřezů ve směšovači

Pro přesné zjištění průměru trysky v závislosti na průměru difuzoru by bylo třeba užít vztahu (39) pro výpočet směšovacího poměru. Je však třeba znát hodnoty tlaků, které lze výpočtem zjistit jen velmi obtížně a bylo by je nutno zjistit experimentálně. Průřez trysky je tedy přibližně vypočten z poměru čtverce průměrů difuzoru a trysky a poměru teoret. množství vzduchu a plynu:

$$\frac{v_V^{\text{teor}}}{1} = \frac{D_d^2}{D_t^2} \Rightarrow D_t = \sqrt{\frac{D_d^2}{v_V^{\text{teor}}}} = \sqrt{\frac{39^2}{8,95}} = 13,03 \text{ [mm]} \quad (51)$$

průřez difuzoru je stejný jako u karburátoru JIKOV 40 SOP.

Při průměru otvorů v difuzoru 3 mm je plocha otvorů:

$$S_{T_1} = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} = \frac{\pi \cdot 3^2}{4} = 7,068 \text{ [mm}^2\text{]} \quad (52)$$

plocha průměru trysky:

$$S_T = \frac{\pi \cdot 13^2}{4} = 132,73 \text{ [mm}^2\text{]}$$

potřebný počet otvorů je potom

$$i = \frac{S_T}{S_{T_1}} = \frac{132,73}{7,068} = 18,78 \doteq 19 \text{ otvorů} \quad (53)$$

4.6.3. Popis konstrukce

Těleso směšovače je ze dvou základních částí, které jsou slisovány a je k nim přišroubována přívodní trubka dle č.v. KSD-032-005. Pokud by bylo směšovače užito pouze pro plynovou verzi, nejsou zde nutné vymešovací trubičky 5.

Celý směšovač se skládá z tělesa klapky, použité z karburátoru JIKOV 40 SOP, vlastního směšovače a nástavce č.v. KSD-032-006, který je namontován z prostorových důvodů. Tento celek je sešroubován 4 šrouby M6 x 35.

4.7. Pojistné ventily

Jako pojistného ventilu pro nádrž je užito pojistného ventilu PV-12, který vyrábí Montážní závody Liberec. Je seřízen na tlak 0,4 MPa, kdy začne odpouštět odpařený plyn do potrubí, které ústí na boku vozidla. V tomto případě je užito pouze jednoduchého odpouštění plynu. Pro zvýšení bezpečnosti by bylo vhodné použití katalického hořáku, který by odpařený zemní plyn pomocí el. jiskry a katalyzátoru spaloval při teplotě cca 100 °C.

Stejného ventilu PV-12 je také užito u přetlakového ventilu dle obr. v příloze. Tento ventil je však seřízen na tlak 0,2 MPa.

Na vozidle je umístěn ještě další pojistný ventil dle výkresu číslo KSD-032-07. Také tento ventil je pomocí šroubení a pojistné matky seřízen na pracovní tlak 0,4 MPa. Výpočet ventilu je proveden dle vztahů (45,46,47,43).

Průměr drátu pružiny

$$d = \sqrt[3]{\frac{8 \cdot 31,4 \cdot 10 \cdot 1,2}{\pi \cdot 300}} = 1,47 \approx 1,5 \text{ [mm]}$$

Počet činných závitů:

$$n_{\text{č}} = \frac{5 \cdot 8 \cdot 10^4 \cdot 1,5^4}{8 \cdot 31,4 \cdot 10^3} = 8,06$$

Volná délka pružiny:

$$L_0 = 5 + 1,5 \cdot 9,5 + 1,5 \cdot 0,5 \cdot 8 = 25,25 \text{ [mm]}$$

Síla na kuželku ventilu:

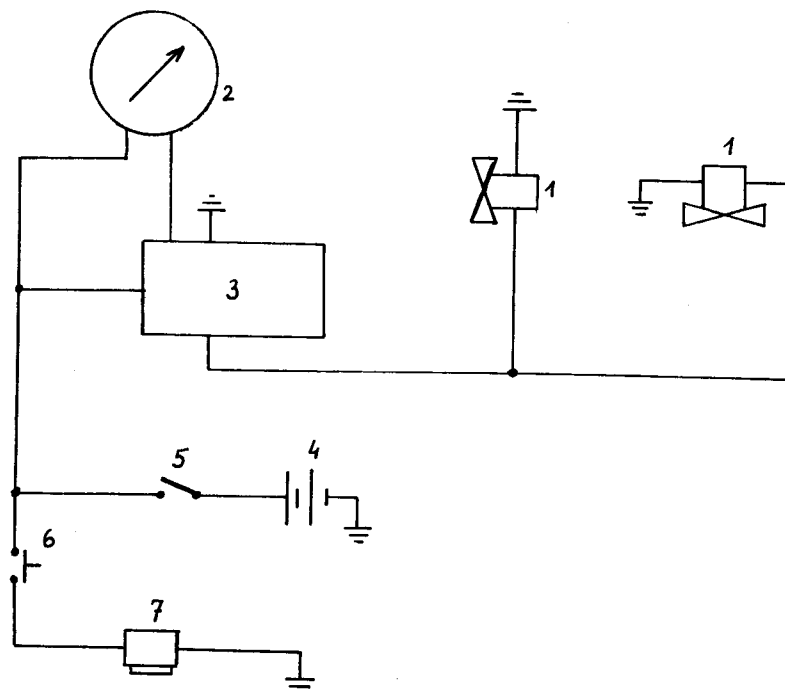
$$F = 0,4 \cdot \frac{\pi \cdot 10^2}{4} = 31,4 \text{ [N]}$$

Rozmístění a zapojení ventilů je zřejmé z obr. v příloze.

4.8. Elektrická soustava vozidla

El. soustava vozidla je dále doplněna 2 solenidovými ventily na 12 V ze ZPA Prešov Js 10 typ 96 134, které ovládá kontaktní manometr o průměru 60 mm, výrobce Chiraná Stará Turá dle TPF-06-026-5. Protože solenidové ventily mají potřebný příkon asi 10 W, je třeba je ovládat přes 12 V relé vyhovujícího typu, aby nedocházelo k opalování kontaktů v manometru.

Schema zapojení je dle obr. 16.



Obr. 16 - Schema elektrické instalace

- 1 - solenoidové ventily
- 2 - kontaktní manometr
- 3 - relé
- 4 - akumulátor vozidla
- 5 - vypínač zapalování
- 6 - tlačítko obohacovače
- 7 - elmagnet - " -

Obohacení palivové směsi při spouštění motoru lze provést pomocí elektromagnetu 7, umístěného na regulátoru tlaku.

Pokud by motor byl upraven zvýšením stupně komprese, je náročnější na kvalitu el. jiskry. Požadavek na vyšší napětí na elektrodách zapalovací svíčky by mohla splnit zapalovací cívka se zvýšeným výkonem, např. PAL-MAGNETON 443 212 600. Ostatní části zapalovací soustavy by mohly zůstat beze změny.

4.9. Další prvky palivového systému

System je mimo popisované části doplněn ještě uzavíracími kulovými kohouty Js 15 dle obr. ^{v příloze} Tyto kohouty vyrábí Jihomoravská

armaturka Hodonín pod číslem K 85 131-640.

Potrubí pro plnění a kapalný zemní plyn je z ocelové trubky o světlosti Js 10 dle ČSN 13 7603. Potrubí pro KZP je ještě obaleno vhodnou izolací, např. z pěnového polystyrenu tak, aby nedocházelo ke zbytečnému odparu KZP a snížila se také možnost dotyku ruky a potrubí.

Potrubí pro odpařený ZP je z ocelové trubky Js 15 dle ČSN 13 7603. Odpařovač s regulátorem a pojistným ventilem je spojen potrubím Js 10. Regulátor se směšovačem je spojen pryžovou hadicí.

4.10. Úpravy motoru

Pro zvýšení výkonu motoru by bylo vhodné zvýšit stupeň komprese. Toto se u motoru se spalovacím prostorem v hlavě válců uskutečňuje obvykle snížením hlavy válců. U motoru ARO M-207 by však snížení hlavy válců o 2 mm přineslo zvýšení původního stupně komprese 7,2 maximálně na 8. Bylo by tedy nutné zvýšit stupeň komprese úpravou dna pístu, což nebylo prováděno, protože nebyla k dispozici výkresová dokumentace.

Plynový motor bude také vyžadovat změnu původního předstihu zážehu. Velikost předstihu zážehu bude možné určit až na základě motorových zkoušek. Vzhledem k vysokému přebytku vzduchu u palivových směsí plynových motorů bude vhodný předstih zážehu dále před HÚ zhruba o 10 až 20%.

5. Úprava vozidla pro provoz alternativně benzin a KZP

Úpravy vozidla budou spočívat hlavně v jeho vybavení nádrží na KZP a plynovým palivovým zařízením, které bude stejné jako v kapitole 4. Uspořádání včetně rozmístění jednotlivých součástí na vozidle je stejné jako v kapitole 4. a obrázku v příloze.

Navíc je zde pouze elektrický přepínač volby paliva benzin-plyn, který je umístěn před řidičem (současně s kontaktním manometrem a ukazatelem KZP) a solenoidový ventil přívodu benzínu do karburátoru. Přepínač benzin-plyn současně ovládá vypínač 5 na obr. 16 tak, že při provozu na benzin vypíná celou plynovou soustavu. Současně je třeba uzavřít kohout 12 dle obr. v příloze.

Těleso směšovače je zařazeno mezi vlastní karburátor JIKOV 40 SOP a těleso škrťící klapky karburátoru.

U tohoto vozidla zůstane zachována původní benzinová instalace a nebude se měnit stupeň komprese a předstih zážehu.

6. Předpokládané parametry vozidla

6.1. Motor

Je možno očekávat, že přestavbou motoru benzinového na plynový dojde ke změně provozních parametrů motoru.

- jmenovitý výkon bude v důsledku nižší výhřevnosti plynného paliva také nižší, zhruba o 15%
- měrná spotřeba paliva při max. výkonu bude nižší o 5-20%
- koncentrace škodlivých plynných exhalací ve výfukových plynech se pravděpodobně sníží. Dle (L 4) se snížení týká nejen benzpyrenu a sloučenin olova, ale i kysličníku uhelnatého (o 40-90%), nespálených uhlovodíků (o 30-60%) a kysličníků dusíku.

Z hlediska životnosti dílů motoru se pravděpodobně sníží opotřebení válců a ložisek. Plynné palivo bude méně znehodnocovat mazací olej a výměnné lhůty oleje bude možno prodloužit.

6.2. Vozidlo

Přechod na plynné palivo se projeví hlavně:

u pouze plynové verze:

- pohotovostní hmotnost se zvýší jen nepatrně (asi o 20 kg)

u verze na plyn i benzin:

- pohotovostní hmotnost se zvýší asi o 80 kg
- sníží se maximální užitečné zatížení na 570 kg (provoz na silnici) a na 420 kg (provoz v terénu)

u obou verzí:

- sníží se nejvyšší rychlost vozidla
- sníží se nejvyšší stoupavost vozidla
- dojezd vozidla na plynné palivo bude přibližně 180 - 200 km

7. Pracovní, provozní a havarijní bezpečnost

Vzhledem ke skutečnosti, že neexistuje ČSN ani jiná norma v okruhu států RVHP pro zařízení pracující s KZP, byly pro projektování, výrobu a provoz těchto zařízení v ČSSR přijaty americké normy NFPA 59A a API 620. Použití těchto norem pro poloprovozní zařízení v Duslo Šala schválil SÚBP Bratislava.

Nebezpečí při manipulaci se ZP i KZP vyplývá z jejich vlastností (viz kapitola 3.1.). Zemní plyn není jedovatý ani zdraví škodlivý, avšak při vyšších koncentracích v ovduší může způsobit zadušení z nedostatku kyslíku.

Kapalný zemní plyn je bezbarvá tekutina, která má při atmosférickém tlaku teplotu -160° až -162° C. Při výronu se KZP rychle odpařuje, přičemž se z 1 m^3 KZP uvolňuje 630 Nm^3 plynu. Rychlost odpařování závisí především na druhu, velikosti a teplotě zeminy, na kterou se KZP rozlije. Odpařený plyn je při teplotách nižších než -112° C těžší než vzduch. Jakmile se jeho teplota zvýší, stane se lehčím než vzduch.

Na základě zkoušek provedených ve Francii je možno charakterizovat účinky výronu KZP takto:

Únik KZP je doprovázen tvorbou mlhy vznikající ve studeném oblaku odpařeného plynu srážením atmosférické vlhkosti. Hořlavá koncentrace byla zjištěna vždy jen uvnitř viditelného mraku. Při kontinuálním vytékání KZP, které přichází v úvahu při havarii vozidla, bylo dle (L 8) shledáno, že rozměry odpařeného mraku zůstanou vždy omezeny pouze na rozměry kaluže kapaliny.

7.1. Havarijní a požární bezpečnost

Podle zkoušek provedených v zahraničí a částečně i v ČSSR jsou nejúčinnějším hasícím prostředkem chemické práškové hasící prostředky (např. kyselý uhličitán sodný nebo draselný). Vzhledem ke krátké době účinku těchto látek (částečně se rozkládají, částečně potopí do KZP) je nutno zlikvidovat požár rychle a na

celé ploše, jinak se tento po vyčerpání prášku vrátí na celou původní plochu.

Také je možno užít kombinace pěny a prášku tak, že se kaluž KZP nejprve pokryje vrstvou pěny a zbylé plameny prorážející pěnu se dohasí práškem. Dle (L 8) se v určitých spec. případech mohou užít i halogenové uhlovodíky.

7.2. Pracovní a provozní bezpečnost

Pro uskladnění a provoz KZP se mohou užívat pouze nádoby speciálně určené. Tyto nádoby musí být zhotoveny z materiálů, které snáší rychlé změny a velké rozdíly teploty. Je třeba však pečlivě volit konstrukční materiály z hlediska pevnosti, tepelné vodivosti, tepelné roztažnosti, odplyňování, atd. Tato hlediska musí být co nejlépe sladěna.

Je třeba nádrže prochlazovat a plnit pomalu, aby se tepelný šok materiálu minimalizoval.

Nádoby musí být konstruovány na normální pracovní přetlak (0,4 MPa). Uvědomíme-li si, že z 1 l kapaliny vznikne odpařením šestisetnásobné množství plynu, je zřejmé, že všechny kontejnery a nádoby na KZP musí být otevřeny do ovzduší nebo opatřeny pojistným ventilem či jiným zařízením, které zabezpečí únik odpařeného plynu.

Povrch nádob, jako i ostatního kryozaržení je třeba udržovat čistý (neznečištěný organickými látkami), aby nemohlo dojít k výbuchu. Neizolované části ochlazené na nízkou teplotu způsobí kondenzaci vzduchu a vzniklá kapalina s vysokým obsahem kyslíku může skapávat nebo stékat na sousední části, z nichž žádná nesmí být znečištěna olejem, vazelínou apod.

Při dimenzování trubíc a stěn nádob se pracovní tlak volí maximálně ve výši 20% hodnoty zkušební tlaku. Každé nově navržené zařízení by po kompletaci mělo být dvakrát hydraulicky vyzkoušeno na tlak asi o 50% vyšší, než je předpokládaný tlak pracovní. Vysokotlaké nádoby a potrubní systémy musí uvádět do provozu a zkoušet jen osoby oprávněné. Tlakové zkoušky se doporučuje provádět častěji, podobně jako těsnost tlakových ventilů.

Při instalaci kryzozařízení, jeho provozu s údržbě, je třeba předem konzultovat bezpečnostní otázky s odborníkem, který má v oboru nízkých teplot praktické zkušenosti. Důsledně je třeba dodržovat předepsané pracovní postupy a termíny údržby zařízení. Je třeba také zajistit řádné školení o bezpečnosti pro všechny pracovníky.

7.3. Nebezpečí asfyxie a popáleniny KZP

Na pracovištích, kde se ve větší míře užívají nebo skladují kapalně plyny, je třeba znát i jejich fyziologické působení. Sníží-li se procento O_2 v prostředí, kde člověk pracuje, dochází k nedostatečnému zásobování těla kyslíkem, tzv. asfyxii.

Páry odpařené kapaliny mohou vypudit z prostoru normální ovzduší, koncentrace O_2 klesne a prostředí se stane nedýchatelné, aniž by tato skutečnost byla lidskými smysly zjistitelná. Z těchto důvodů je třeba v místnostech, kde se KZP skladuje nebo v garážích, zabezpečit dobré větrání.

Nízká teplota KZP nebo jeho chladných par může poškodit nebo dokonce zničit tkáň. Holou pokožkou se nesmíme ani na okamžik dotýkat kovových prochlazených předmětů, poněvadž pokožka okamžitě přimrzne a při pokusu o odtržení hrozí nebezpečí hlubších zranění. Je vhodné používat při práci kožené rukavice s výměnnou vložkou, snadno svlékatelné, aby při náhodném vniknutí kapaliny, mohly být rychle staženy.

V žádném případě se nesmí dovolit manipulovat s kapalným zemním plynem osobám, které nebyly řádně proškoleny a vyzkoušeny.

7.4. Návrh opatření pro vozidlo

- seznámení pracovníků s bezpečnostními předpisy
- umístění vhodného hasícího prostředku (např. práškový) na vozidle
- dovybavení lékárny o záchranné prostředky při úrazu KZP

- dovybavení vozidla o ochranné pomůcky pro práci s KZP (kožené rukavice, brýle)
- provádět periodické kontroly : spojů a potrubí, elektrické instalace, funkce pojistných ventilů, tlakové nádrže
- údržbářské práce provádět jen při zastaveném přívodu plynu za účasti alespoň 2 proškolených osob.

8. Ekonomické zhodnocení

Při dnešním předpokládaném cenovém poměru paliv, které přicházejí v úvahu pro pohon automobilových motorů, ^{je}pravděpodobné, že pohon zemním plynem bude výhodnější proti pohonu naftovými produkty tekutými. Musíme také brát v úvahu celospolečenský efekt, t.j. na jedné straně hospodářské výsledky provozu, a to za celou dobu použitelnosti vozidla; na druhé straně celospolečenský přínos, v tomto případě ozdravení ovzduší.

Stanovení konkrétních hodnot není zatím ještě možné, protože chybí závazné údaje o ceně zařízení, jeho života, o spotřebě plynu a ani výrobní cena plynů není ještě konečná.

Zvýšení výrobních nákladů na vozidle bude citelné, vzhledem ke složitější aparatuře pro pohon KZP, a to zejména vlivem nákladné nádrže na palivo a její umístění.

Vlastní (běžná) údržba a obsluha bude o něco nákladnější než při provozu na benzin vzhledem k podstatně větší péči, kontrole a dodržování bezpečnostních předpisů u tlakového plynového zařízení. Také požadavky na bezpečnostní požadavky v garážích budou vyšší pro nebezpečí tvoření výbušného prostředí při unikání plynu z nádrže při zvýšení teploty. S tím souvisejí i práce s odstraňováním náplně plynu ve vozidle při delších provozních přestávkách, např. opravě vozidla. Náklady zvýší i omezení možnosti tankování (delší jízdy k tankovací stanici).

Náklady na opravy (běžné, střední a generální) se zvýší vzhledem k opravám plynové armatury a zejména nádrží (kontrola těsnosti vakuové izolace).

V tabulce 3 jsou uvedeny předběžné ceny zařízení dle (L 3, L 4), (cena nádrže je stanovena z porovnání s cenami podobných nádrží vyráběných v n.p. Ferox Děčín).

Tabulka 3

<u>Zařízení</u>	<u>ks</u>	<u>Kčs/ks</u>	<u>Celkem Kčs</u>
Uzavírací ventily	3	100	300
Pojistný ventil I	1	200	200
Pojistný ventil II	1	100	100
Přetlakový ventil	1	200	200
Odpařovač	1	400	400
Regulátor	1	1 000	1 000
Směšovač	1	400	400
Solenoidové ventily	2	150	300
Nádrž	1	10 000	10 000
Potrubí, spojovací armatury, přepínač	-	-	200
Montážní práce	-	-	2 500
		Celkem	15 500

Cena KZP, vyráběného v Duslo Šala, je v současné době 2,70 Kčs/Nm³.

8.1. Přibližný výpočet úhrady nákladů

Při současné ceně benzínu Special 8 Kčs/l a průměrné spotřebě paliva vozidla 15 l/100 km jsou náklady na úhradu benzínu na 100 km:

$$15 \cdot 8 = 120 \text{ Kčs}$$

Při předpokládané spotřebě KZP 10 kg/100 km, což je 14,45 Nm³/100 km, budou náklady na KZP na 100 km:

$$14,45 \cdot 2,7 = 39 \text{ Kčs}$$

Úspora nákladů na 100 km činí:

$$120 - 39 = 81 \text{ Kčs}$$

Úhrada nákladů na přestavbu vozidla pak bude:

$$\frac{15\,500}{81} = 191,36 \text{ t.j. pro ujetí } 19\,136 \text{ km}$$

Náklady na přestavbu se tedy uhradí přibližně po ujetí 20 000 km. Z této hodnoty však nelze vyvozovat žádné závěry, protože v tomto výpočtu nejsou zahrnuty náklady na údržbu, opravy, distribuci, apod. Také lze předpokládat výrazné rozdíly v ceně jednotlivých položek zařízení a hlavně nádrže, kde např. při použití hliníkové nádrže a polyuretanové izolace lze předpokládat cenu až čtyřnásobně nižší.

9. Závěr

Tato práce se zabývá přestavbou vozidla ARO M-461 pro provoz na KZP nebo alternativně benzin-KZP. V úvodních kapitolách je obecné pojednání o problematice plyných paliv, které je v dalších kapitolách rozpracováno. Práce se dále zabývá výpočtem a konstrukčním návrhem nádrže na KZP, odpařovače, regulátoru a směšovače, jako hlavních prvků, na které je nutno se zaměřit při přestavbě. Dalším problémem je celkové zapojení těchto prvků tak, aby docházelo k co největší automatizaci provozu.

Byla zvolena nádrž s vakuovou mnohovrstvou izolací, u které je vnitřní nádoba uchycena pomocí podpěrných prstenců. Toto řešení je z hlediska přestupu tepla nejvýhodnější, přesto však u nádrže naplněné do poloviny, dojde k nárůstu přetlaku na 0,4 MPa v nádrži za 31 hodin. Odpařovač je konstruován jako tepelný výměník, kde k odpaření a ohřevu plynu je užito teplé vody z chladicího systému motoru. Tento výměník v porovnání s ostatními typy vychází rozměrově nejmenší. Regulátor i směšovač jsou obdobné konstrukce jako u vozidla ARO M-461 přestavěného pro provoz na kalový plyn.

U vozidla se přechodem na plyné palivo mírně sníží maximální výkon motoru i další provozní parametry. Také bude z hlediska bezpečnosti náročnější údržba, častější kontroly a dražší opravy plynové soustavy. Bude však docházet k menšímu opotřebení válců, ložisek, bude možno pro nižší úsady v motoru prodloužit lhůty výměny mazacího oleje a sníží se také koncentrace škodlivých emisí ve výfukových plynech.

Náklady na přestavbu vozidla by hrubým odhadem měly činit asi 15 500 Kčs, které by měly být uhrazeny úsporami za nákup benzínu asi po ujetí 20 000 km.

Vozidla, která jsou přestavěna pro provoz na KZP, jsou pro svůj menší dojezd (v tomto případě 180 - 200 km) a časté tankování vhodná spíše pro rozvážkovou službu nebo taxi. Pokud

by vozidlo ARO M-461 sloužilo k podobným účelům je přestavba ekonomicky výhodná. Jinak by při častých jízdách k tankovací stanici mohlo docházet k celkově vyšší spotřebě paliva.

Je však také nutné se zabývat možnostmi přestavby vozidla z hlediska distribuce KZP. V současné době se toto stává jedním z největších problémů, protože na území ČSSR existuje pouze jedna zkapalňovací stanice na Slovensku a další se má stavět až v příští pětiletce v Tachlovicích u Prahy.

Další práce, které by se týkaly přestavby vozidel pro provoz na KZP by bylo vhodné zaměřit na experimentální měření a zkoušky hlavně nádrže na KZP, u které by bylo třeba zlepšit její provozní parametry, a také odpařovače. U obou těchto prvků se při návrhu vychází z určitých předpokladů, které v praxi nemusí být dodrženy. Současně by bylo vhodné zaměřit se na další vývoj nádrže na KZP, protože v ČSSR se tyto nádrže nevyrábějí a tato nádrž je navržena dle podobných na kapalný dusík, kyslík, vodík, helium apod., tedy nehořlavé plyny.

V této souvislosti lze říci, že celá přestavba z hlediska bezpečnosti nevyžaduje žádná mimořádná opatření. Bylo by však vhodné se dále zabývat pracovní, provozní a havarijní bezpečností a navrhnout normu, která by se týkala těchto zařízení.

10. Literatura

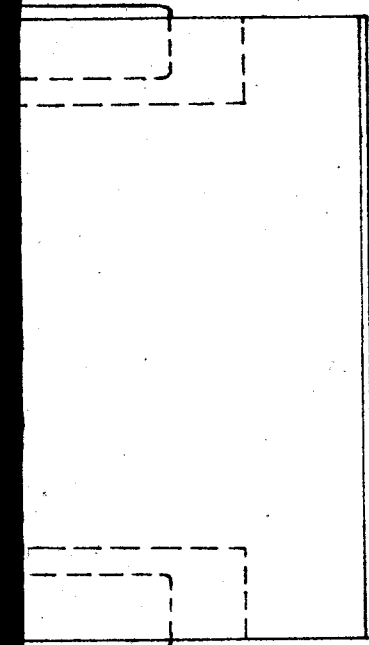
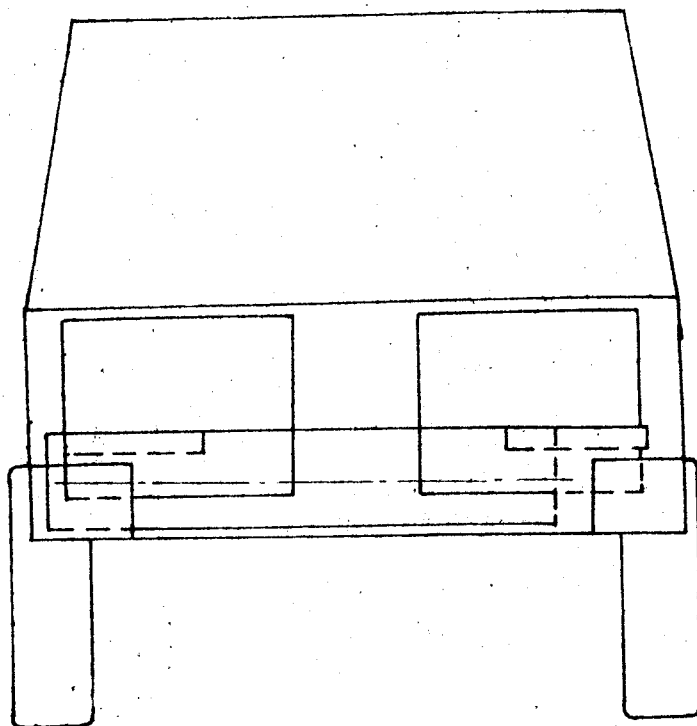
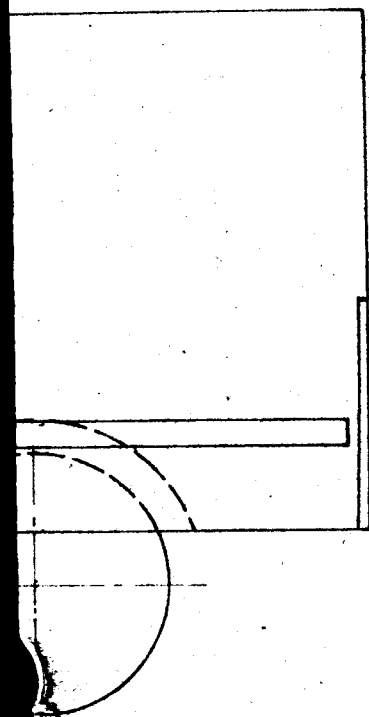
- L 1. AFFLECK, W., HARROW, G.A., MILS, W.D.: **Converting a Small Car to LNG: What Are the Problems and What Can It Do for Economy and Emissions.** Automotive Engineering Congress and Exposition, Detroit, Michigan, 23.-27.2.1976.
- L 2. JELÍNEK, J., MÁLEK, Z.: **Kryogenní technika.** SNTL Praha 1982.
- L 3. KOLEKTIV: **Použití kapalných plynů metanové řady pro chladičí a dopravní techniku (Ověřovací studie).** ČVUT Praha 1972.
- L 4. LAURIN, J.: **Studie o využití kalového plynu pro pohon spalovacích motorů.** VŠST Liberec 1981.
- L 5. MALKOV, M.P.: **Spravočnik po fizičesko-techničeskim osnovam kriogeniki.** Moskva 1973.
- L 6. NADRCHAL, M.: **Experimentální studie použití zkapalněných plynů pro pohon Š 1203.** Zpráva ÚVMV. Praha 1975.
- L 7. PROKOP, J.: **Tepelné izolace.** skripta ČVUT. Praha 1972.
- L 8. ŘEHÁČEK, Z.: **Bezpečnostní a protipožární opatření pro ZPI Duslo Šala.** zpráva VÚPCHT. Hradec Králové 1975.
- L 9. SAMOL, G.J., COLDBLAT, J.J.: **Gazofallonyje avtomobili.** MAŠGIZ Moskva 1953.
- L 10. SKOTT, R.B.: **Těchnika nizkích těmperatur.** Moskva 1962.
- L 11. **Standard for the Production, Storage and Handling of LNG,** NFPA No. 59A. 1971.
- L 12. **Der Erdgasmotor als umweltfreundlicher Nutzfahrzeugantrieb.** ATZ, č. 3 str. 67-72
- L 13. **Eisbombe - Erdgasbetriebener Flüstermotor, Lastanto - Omnibus,** 1972, str. 28-29
- L 14. **Přehled složení zemního plynu za rok 1977,** n.p. Duslo Šala
- L 15. **Technické instrukce k provozu a obsluze terénního vozu ARO M-461**
- L 16. **Katalog směšovacích zařízení firmy HAGENHOFER AUTOGAS, Graz, Rakousko**

Seznam výkresové dokumentace

Nádrž na KZP	KSD-032-01
Uchycení nádrže	KSD-032-02
Odpařovač	KSD-032-03
Regulátor tlaku	KSD-032-04
Směšovač	KSD-032-05
Nástavec na směšovač	KSD-032-06
Pojistný ventil	KSD-032-07

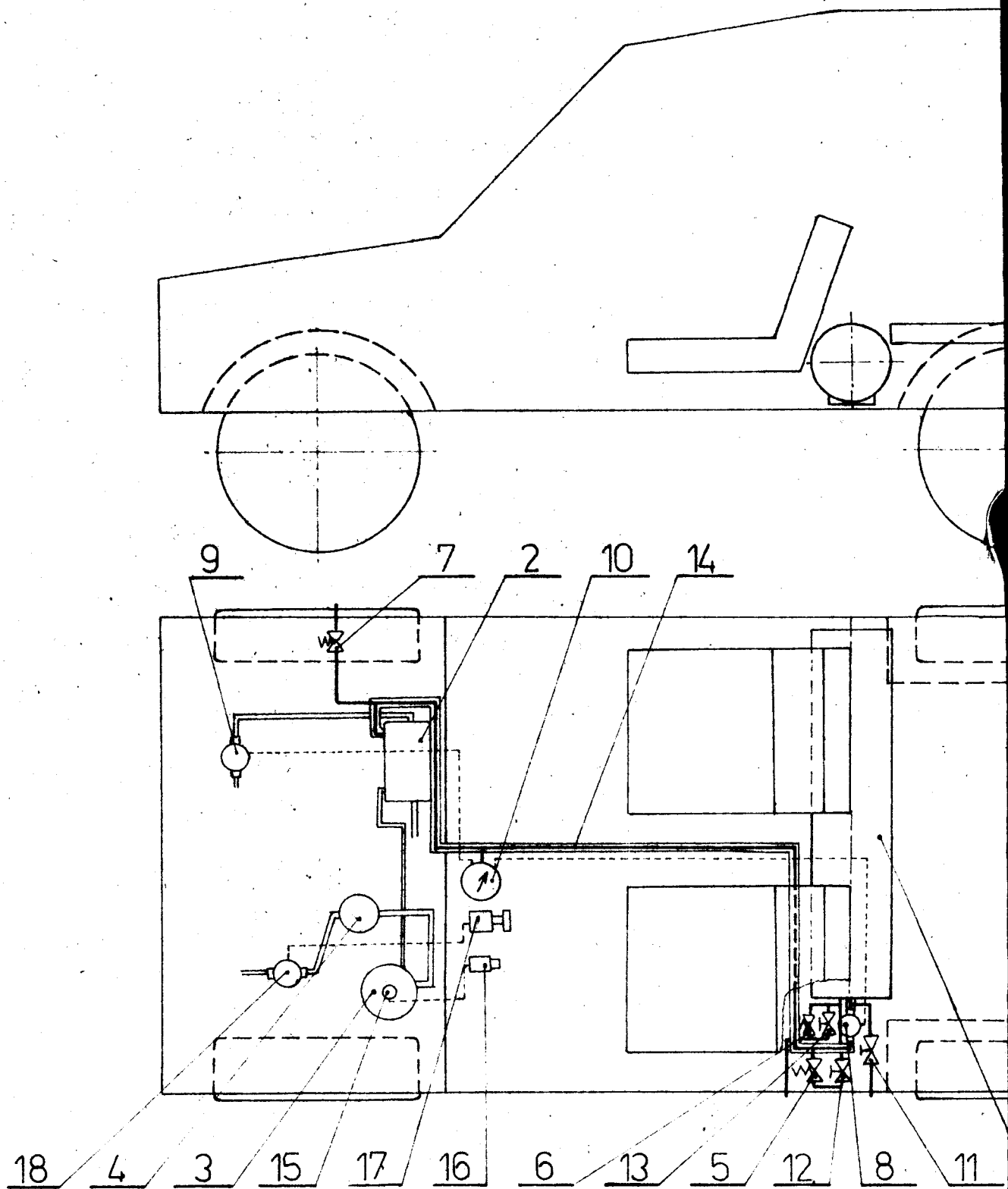
Seznam příloh

Příloha 1	Schema rozmístění a zapojení plynové palivové soustavy na vozidle ARO M-461
-----------------	---



- 1 - NÁDRŽ NA KZP
- 2 - ODPAROVAČ
- 3 - REGULÁTOR
- 4 - SMĚŠOVAČ
- 5 - PŘETLAKOVÝ VENTIL
- 6,7 - POJISTNÉ VENTILY
- 8 - SOLENOID. VENTIL NA PŘÍVODU KZP
- 9 - SOLENOID. VENTIL PŘÍVODU VODY DO ODPAROVAČE
- 10 - KONTAKTNÍ MANOMETR
- 11,12,13 - UZAVÍRACÍ KOHOUTY
- 14 - IZOLOVANÉ POTRUBÍ
- 15 - OBOHACOVAČ
- 16 - TLAČÍTKO OBOHACOVAČE
- 17 - PŘEPÍNAČ BENZIN-PLYN
- 18 - SOLENOID. VENTIL PŘÍVODU BENZINU

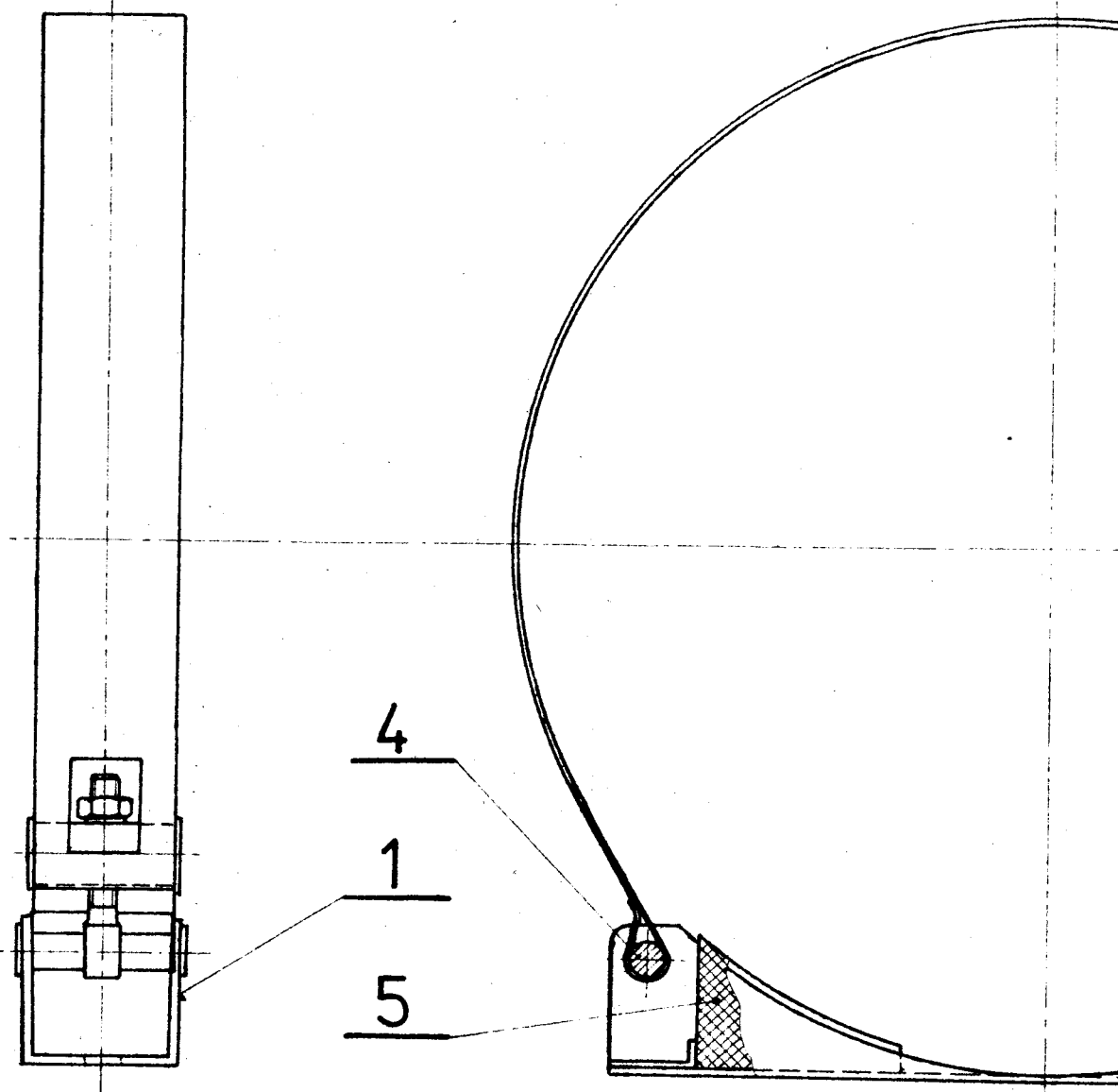
POZN. : PRVKY 17 A 18 POUZE U DVOJPALIVOVÉ VERZE

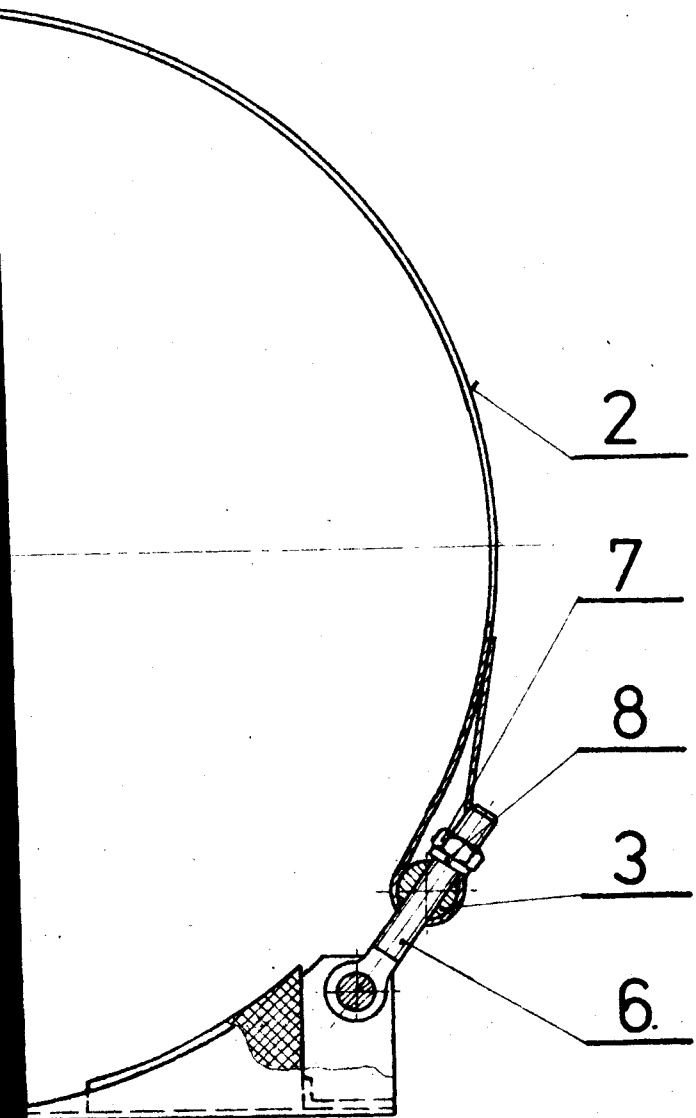


Příloha 1: SCHEMA ROZMÍSTĚNÍ A ZAPOJENÍ PLYNŮ

Počet kusů	Název - rozměr	Polotovary	Mat. konečný	Mat. výchozí	Třída odp.	Č. hmotnost	Hr. hmotnost	Číslo výkresu	Poz.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Vnitřní nádoba	ČSN 42 5315	17 426.1		026				1
1	Vnější nádoba	ČSN 42 5310	11 500.1		001				2
1	Víko nádrže	ČSN 42 5310	11 500.1		001				3
1	Nákružek ø 24	ČSN 42 5510	11 373		001				4
1	Nákružek ø 30	ČSN 42 5510	11 373		001				5
1	Přívodní trubka ø 10	ČSN 42 6718.11	17 422		026				6
1	Přívodní trubka ø 15	ČSN 42 6718.11	17 422		026				7
1	Vlnovec ø 24	ČSN 42 8306.00	42 3001.11		322				8
1	Vlnovec ø 26	ČSN 42 8306.00	42 3001.11		322				9
1	Těleso ventilu	odlitek	42 2653		001				10
1	Převlečná matice ø 30	ČSN 42 5530	12 050		002				11
1	Kroužek	ČSN 42 5510	11 373		001				12
1	Vlnovec ø 8	ČSN 42 8306.00	42 3001.11		322				13
1	Těsnění	ČSN 42 8306.00	42 3001.11		322				14
1	Těsnění	ČSN 42 8306.00	42 3001.11		322				15
2	Opěrné prstence		laminát						16
1	Opěrný kroužek		laminát						17
1	Opěrný kroužek		laminát						18
	Superizolace								19
	Adsorbent		silikagel						20

Kresla Plocha Výř. předání	Č. výrobku Č. výrobku	Datum Podpis Index změny	Typ Název Starý výkres Nový výkres
VŠST LIBEREC	NÁDRŽ NA KZP	KSD-032-01	2





1	PODLOŽKA 8.4	ČSN 02 1702 11							8
1	MATICE M8	ČSN 02 1401 21							7
1	ŠROUB M8x60	ČSN 02 1167 15							6
2	PODLOŽKA		PRYŽ						5
2	ČEP - $\phi 10 - 25$	ČSN 42 5510	11 500		001				4
1	ČEP - $\phi 18 - 22$	ČSN 42 5510	11 500		001				3
1	PŘÍCHYTNÝ PAS PLECH TL. 1.5 - 800x40	ČSN 42 5301	11 500.1		001				2
1	DRŽÁK PLECH TL. 2.5 - 240x120	ČSN 42 5301	11 500.1		001				1

1:2

27.5 1983

VOST
LIBEREC
Kot. zář. stroje

UCHYCENÍ NÁDRŽE

KSD-032-02

Počet kusů	Název - rozměr	Polotovary	Mat. konečný	Mat. výchozí	Třída odp.	Č. hmotnost	Ht. hmotnost	Číslo výkresu	Poz.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Držák hřídele I. stupně	ČSN 42 5303	12 040.3			002			21
1	Těleso ventilu	ČSN 42 8612	3223.3			365			22
1	Krycí matice membrány	ČSN 42 7710	4201.61			812			23
1	Šroub membrány	ČSN 42 7710	4201.61			812			24
1	Kotouč membrány	ČSN 42 7303.02	42 4201.61			812			25
1	Kotouč membrány	ČSN 42 7303.02	42 4201.61			812			26
1	Vodítko pružiny	ČSN 42 7306.02	42 4005.11			356			27
1	Opěra pružiny	ČSN 64 3617							28
1	Podložka pružiny	ČSN 42 5301	12 023.1			002			29
1	Pružina tlačná								30
1	Šroub M6 s nástavcem	ČSN 42 8630	3223.3			365			31
1	Membrána ø 57		pryž						32
1	Podložka membrány	ČSN 42 7303.02	42 4201.62			812			33
1	Podložka membrány	ČSN 42 7303.02	42 4201.62			812			34
1	Šroub membrány	ČSN 42 8611.02	42 3214.31			365			35
1	Přívodní trubka ø 10	ČSN 42 6711.21	11353.1			001			36
1	Nástavec pryžové hadice	ČSN 42 8630	3223			365			37
1	Těsnění víka		papír						38
1	Těsnění tělesa		papír						39
1	Hrdlo L Js 8	ČSN 13 7610.1	11 500.0						40

Měřtko	Kreslil	L. stránka	
	Přezkoušel		
	Norm. ref.		
	Vyr. provedení	Schválil	
		Dne	
		Č. transp.	

VŠST
LIBEREC

Typ
Název
Skupina
REGULÁTOR TLAKU

Stav kres
Nový výkres

Počet listů

KSD-032-04

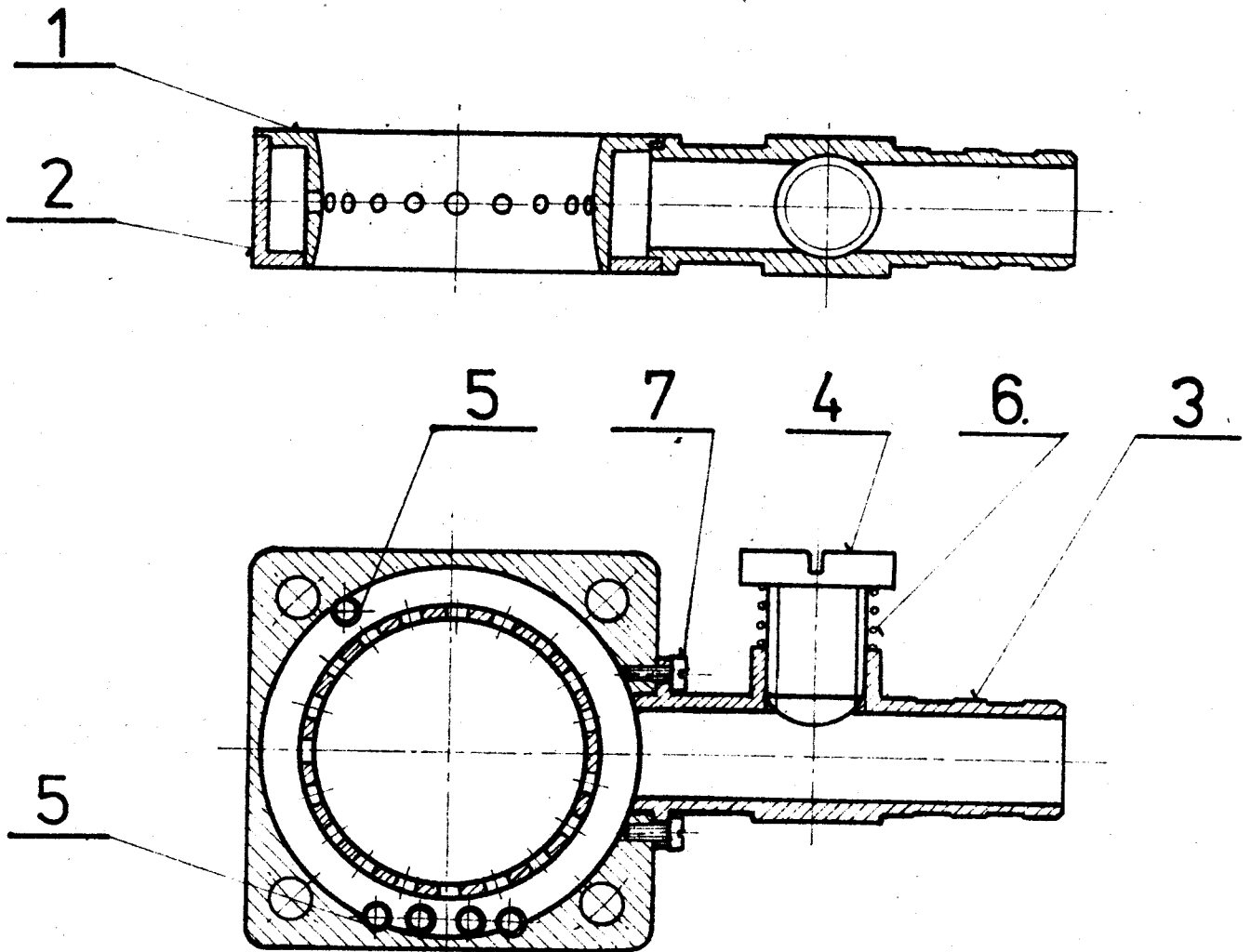
List

3

Počet kusů	Název - rozměr	Polotovar	Mat. konečný	Mat. výchozí	Třída odp.	Č. hmotnost	Hr. hmotnost	Číslo výkresu	Poz.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
									41
									42
1	Regulační šroub M4 x 15	ČSN 02 1146.20							43
2	Šroub M2,5 x 4	ČSN 02 1151.20							44
2	Šroub M4 x 6	ČSN 02 1131.20							45
4	Šroub M6 x 12	ČSN 02 1103.25							46
4	Šroub M6 x 32	ČSN 02 1103.25							47
1	Šroub M4 x 12	ČSN 02 1151.20							48
6	Šroub M6 x 18	ČSN 02 1143.5							49
2	Matice M3	ČSN 02 1401.8							50
1	Matice M12x1,25	ČSN 02 1403.2							51
14	Podložka 6	ČSN 02 1740.0							52
1	Podložka 3,5	ČSN 02 1703.11							53
1	Kroužek 6 x 10	ČSN 02 9310.5							54
1	Kroužek 20 x 24	ČSN 02 9310.5							55
1	Těsnící kužel Js 8	ČSN 13 7657.0							56
1	Matice L Js 8	ČSN 13 7664.1							57
1	Magnet Durox - Paramet - výrobek číslo 205 - 582 4 303								58
1	Elektromagnet svítky								59

Měřička	Kreslí	Schválil	C. snímku	C. transp.	Datum	Podpis	Index změny	x
	Přezkoušel							
	Norm. ref.							x
	Výř. předklad.	Opis						x
								x

VŠST LIBEREC	Typ	Skupina	Starý výkres	Nový výkres
	Název	REGULÁTOR TLAKU		KSD-032-04
	Počet listů			4



2	ŠROUB M3×8	ČSN 02 1131 20							7	
1	REG. PRUŽINA-φ 0,8	ČSN 42 6450.2	12 061 1	12 060	002				6	
5	VYMEZ. TRUBKA-4×0,5	ČSN 13 7603	11 453.1		001				5	
1	REG. ŠROUB M14×20	ČSN 42 8612.02	42 3214.21.		364				4	
1	PŘÍV. TRUBKA-φ34-65	ČSN 42 8622	32 13 2		364				3	
1	TĚLESO □ 60-22	ČSN 42 8520.00	11 500.0		001				2	
1	TRYSKA □ 60-22	ČSN 42 8520.00	11 500.0		001				1	
Podr. číslo	Název	Rozměr	Podstava	Míst. číslo	Míst. výčet	Typ	Číslo	Skupina	Číslo výrobku	Podr.

Poznámka

Stupeň měřítka: 1:1

Kreslil: K. Bednář

Norm. ref.

Vyr. projednat

Schválil

Dne: 27.5.1983

VŠST
LIBEREC
Kat. částí strojů

Typ: Těleso směšovače

Skupina: KSD-032-05

Číslo výrobku: KSD-032-05

✓ (✓)

1	PLECH TL.4-160×160	ČSN 42 5301	11 373.1		001				3
1	TRUBKA ϕ 42×1.5-75	ČSN 42 6711.01	11 353.1		001				2
1	PLECH TL.4-60×60	ČSN 42 5310	11 373.0		001				1

L. Bednář

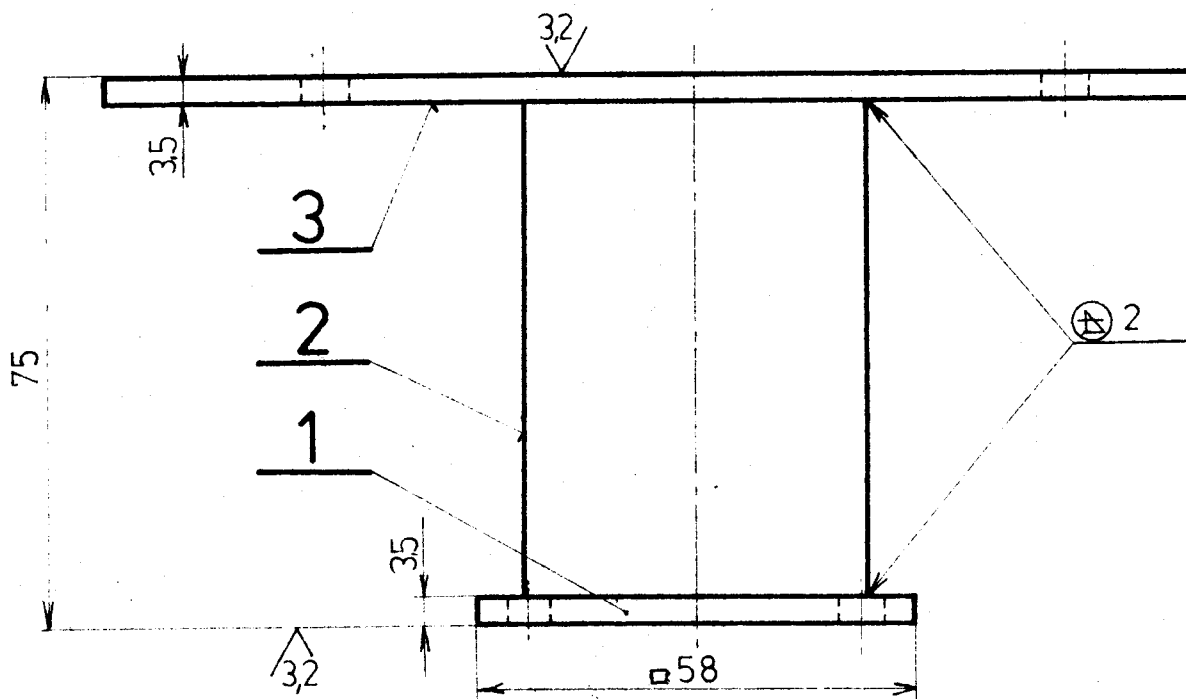
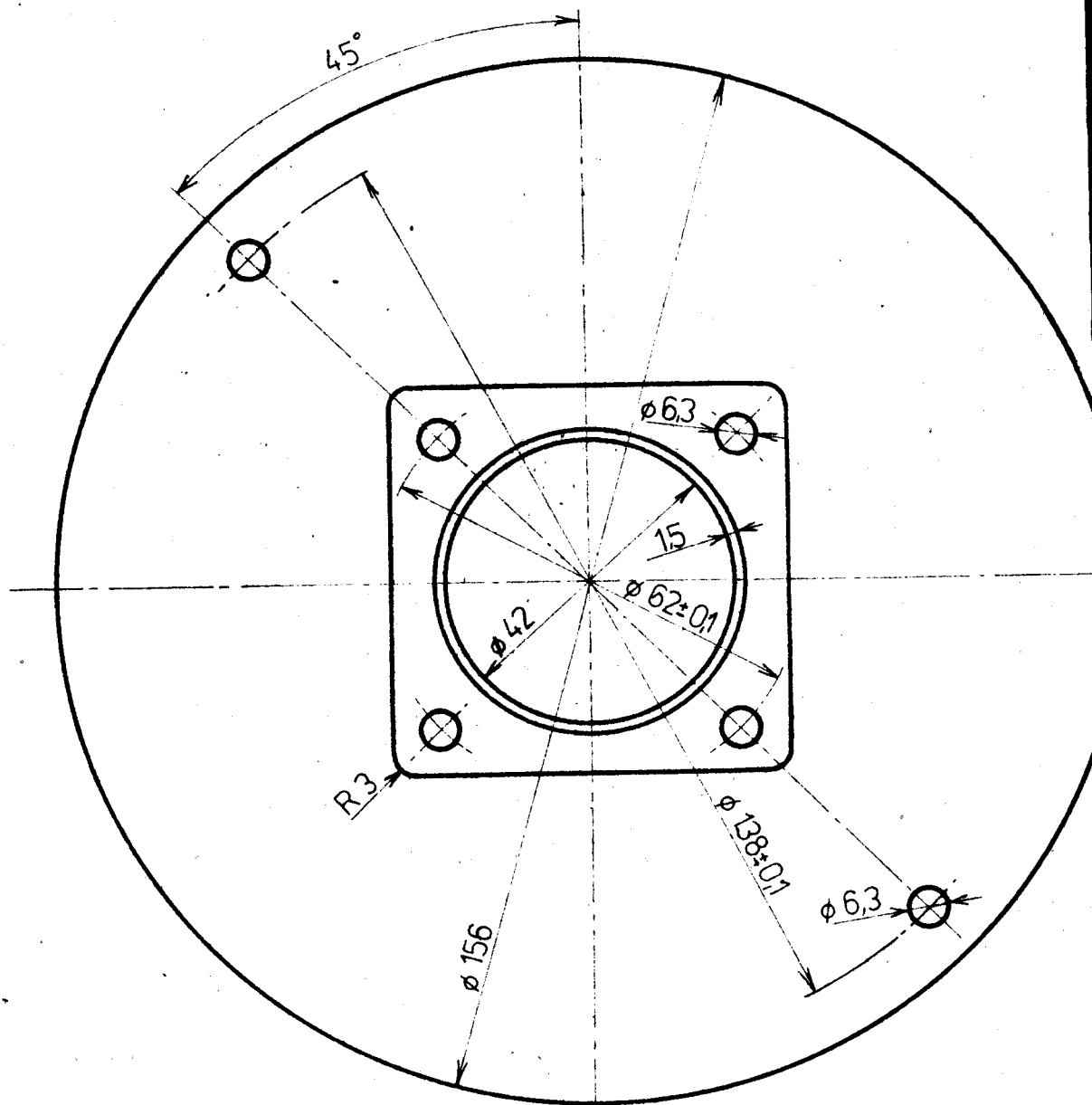
1:1

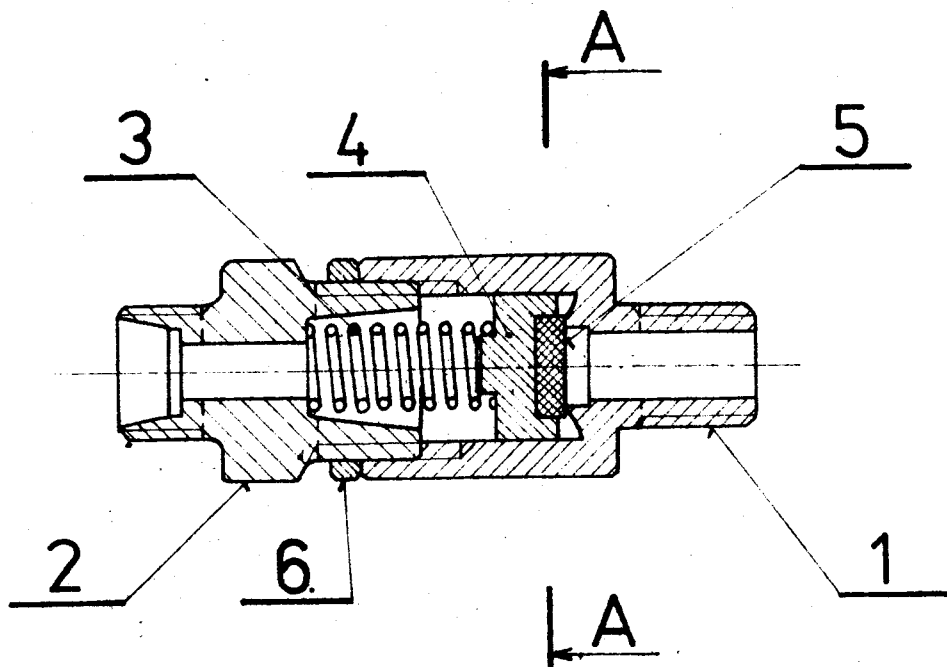
27.5.1983

VOST

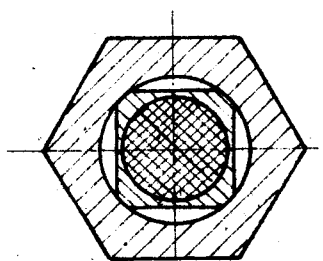
NÁSTAVEC

KSD-032-06





A-A



1	MATICE M24-5	ČSN 42 8612.02	42 32 23.21		364				6
1	TĚSNĚNÍ		PRYZ						5
1	ŠOUPÁTKO $\phi 20-14$	ČSN 42 8612.02	42 32 23.21		364				4
1	PRUŽINA $\phi 1.5$	ČSN 42 6450	12 061.1	12 060	002				3
1	MATICE $\phi 32-45$	ČSN 42 8612.02	42 32 23.21		364				2
1	TĚLESO $\phi 32-60$	ČSN 42 8612.02	42 32 23.21		364				1

Název: *Bednář*
 Měřítko: *1:1*
 Datum: *27. 5. 1983*

VŠGT

LIBEREC

Ka. část strojí

POJISTNÝ VENTIL

KSD-032-07