ANOTACE

V této diplomové práci je řešen návrh vozidla se spirálním pohonem určeného pro záchranu a evakuaci z míst, které jsou pro běžná vozidla nedostupná. Záměrem bylo oživit tento netradiční pohon a navrhnout neotřelou koncepci, která bude v souladu s dnešním technologickým poznáním a moderními trendy.

Hlavní náplní této práce je designérsky vyřešit a tvarově navrhnout vozidlo, které splňuje požadavky pro záchranné vozidlo nejen z hlediska vzhledu, ale především funkčnosti a variability interiéru.

Práce je rozdělena do tří rámcových oblastí. První analytická obsahuje rozbor a popis technologií používaných u těchto vozidel a jejich historický vývoj. Druhá část je věnovaná vlastnímu návrhu, variantám a jeho ergonomickým a technickým řešení. V poslední částí se nachází rozbor daného tématu.

KLÍČOVÁ SLOVA:

spirální pohon, šnekový pohon, záchranné vozidlo, design vozidla

ANNOTATION

Following work deals with the design proposal of the screw drive vehicle designed for the rescue and evacuation from the places which are unavailable to reach with usual vehicles. The intention was to diversify the current drive to design an innovative concept which will be in line with today‘s technological knowledge and modern trends.

The main objective of the thesis is to solve the design and the shape of the vehicle which implements the requirements for an emergency car not only in terms of the appearance, but also in the way of functionality and variability of the interior.

The thesis is divided into three general parts. The first one includes the historical development, the analysis and the description of technologies. The second part deals with the design, options and their ergonomic and technical solutions. In the last part is the end-point analysis of the proposal.

KEYWORDS:

spiral drive, screw drive, rescue vehicle, vehicle design

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

UHLÍŘ, F. Design vozidla se spirálním pohonem. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 59s. Vedoucí diplomové práce doc. akad. soch. Miroslav Zvonek, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Design vozidla se spirálním pohonem vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

V Brně 16. května 2009 Filip Uhlíř

PODĚKOVÁNÍ

Úvodem bych rád poděkoval mému vedoucímu práce doc. akad. soch. Miroslavovi Zvonkovi, Ph.D. za poskytnuti odborných připomínek a cenných rad. Dále bych chtěl poděkovat rodině a přátelům, bez jejichž podpory a pomoci by tato práce nevznikla.

OBSAH

ÚVOD **13**

1. ANALÝZA **16**

1.1 Vývojová analýza 16

1.1.1 První koncepty spirálního pohonu

1.1.2 Sněžná lokomotiva

1.1.3 Traktor Fordson

1.1.4 ZiL 2096

1.1.5 SnowBird

1.1.6 MudMaster

1.1.7 Současný stav

1.2 Technická analýza 21

1.2.1 Pohonná jednotka

1.2.2 Šneky

1.2.3 Materiály

1.3 Designerská analýza 24

1.3.1 ZIL 2906

2. DESIGN **28**

2.1 Variantní studie designu 28

2.1.1 Předdiplomový projekt

2.2 Finální návrh 29

2.2.1 Exteriér

2.2.2 Interiér

2.3 Ergonomické řešení. 32

2.3.1 Výhled z vozidla

2.3.2 Osvětlení

2.3.3 Nastupování

2.3.4 Dveře

2.3.5 Madla

2.4 Interiér 35

2.4.1 Ergosféra řidiče

2.4.2 Sezení

2.5 Tvarové řešení 36

2.5.1 Kabina

2.5.2 Nosníky

2.5.3 Světlomety

2.5.4 Kryty šneků

2.6 Barevné a grafické rešení 39

2.7 Provozně-technologické řešení 40

2.7.1 Základní koncept
2.8 Základní části vozidla 40
2.8.1 Rozměry
2.8.2 Pohon
2.9 Šneky 43
2.10 Podvozek 43
2.11 Příslušenství 44
2.11.1 světlomety
2.11.2 Naviják
2.11.3 Střešní úložný prostor
2.12 Kabina 45
2.12.1 interiér
3. ROZBOR 50
3.1 Technická funkce 50
3.2 Estetický aspekt 50
3.3 Ekonomický aspekt 51
3.4 Sociální aspekt 51
3.5 Psychologická funkce 52
4. ZÁVĚR 55
5. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY 56
6. SEZNAM OBRAZOVÝCH ZDROJŮ 58
7. PŘÍLOHY 60

ÚVOD

Během přemýšlení o vhodném tématu mé diplomové práce jsem náhodou na internetu narazil na video, ukazující pro mne dosud neznámé vozidlo s velmi netradičním pohonem. Bylo vybaveno dvěma šroubovicemi po obou stranách a pohybovalo se jejich protisměrným odvíjením. Zaujala mne myšlenka, že existuje takto alternativní pohon, který je i navzdory svým nesporným výhodám prakticky nerozšířen. Tato práce se snaží o vzkříšení tohoto zapomenutého konceptu a pokouší se o vsazení do kontextu dnešní doby.

Primární účel, který jsem navrhovanému vozu vetknul je stejný jako nejúspěšnější exemplář tohoto druhu, co do počtu vyrobených kusů, ZIL 2906. Jednalo se o záchranné vozidlo sloužící k lokalizaci a vyzvednutí kosmonautů ruského vesmírného programu Sojuz. Často totiž docházelo k přistání návratového kosmického modulu do oblastí, které byly pro běžná kolová či pásová vozidla nedostupná.

Cílem této diplomové práce je navrhnout záchranné vozidlo podobného charakteru jako je zmiňovaný ZIL 2906, ale posílit jeho univerzální nasazení a rozšířit jak funkční, tak vzhledové aspekty konceptu. Zároveň je snahou dostatečně osvětlit princip spirálního pohonu, a seznámit se s nespornými výhodami, které tento netradiční pohon nabízí a zaslouží si mnohem více pozornosti, než je jím věnována.

Práce je rozdělena do tří rámcových okruhů. První analytická obsahuje rozbor a popis technologií používaných u těchto vozidel a jejich historický vývoj. Druhá část je věnovaná vlastnímu návrhu, variantám a jeho ergonomickým a technickým řešení. V poslední částí se nachází rozbor daného tématu z hlediska estetického, ekonomického, psychologického a sociálního aspektu.

1 | ANALÝZA

1. ANALÝZA

1.1 VÝVOJOVÁ ANALÝZA

1.1.1 První koncepty spirálního pohonu

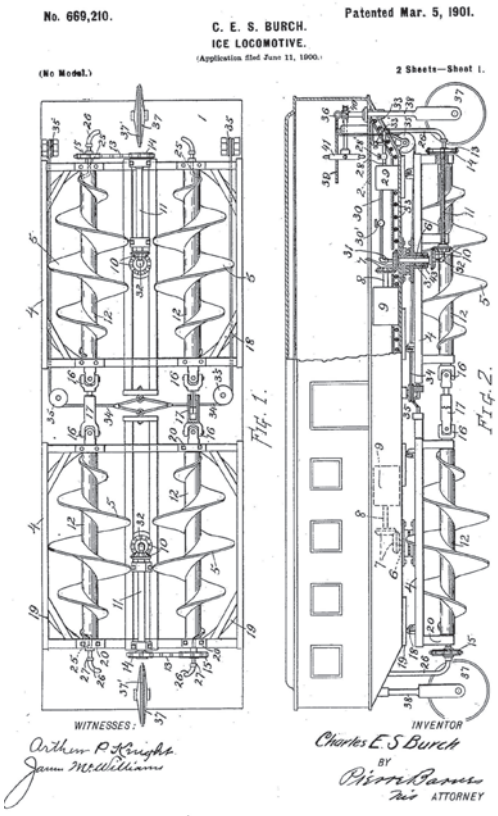
Rozvoj automobilismu a především terénního nebyl spjat pouze s osobní přepravou, ale i s nutností mechanizovat zemědělskou výrobu. Ulehčit práci na poli vzhledem k rozšířenosti zemědělství tak bylo prakticky od počátku automobilové éry jedním z hlavních tahounů celého odvětví a strůjce technologického pokroku. Tehdejší stroje byly většinou poháněny parou, což s sebou neslo řadu nevýhod. Především to byla hmotnost celého ústrojí spolu s těžkým kotlem, která znevýhodňovala použití stroje v zemědělské půdě. Často docházelo k zapadnutí a následné vyprošťování několikatunového kolosu bylo velmi obtížné. Proto se už od počátku tohoto období začalo uvažovat o jiných řešeních, která by nahrazovala kola. Díky použití Archimédových šroubů s velkou činnou plochou, prakticky nedocházelo k zapadávání a snadnější bylo též vyprošťování.

1.1.2 Sněžná lokomotiva

Výhody použití spirálního pohybu jsou nejvýraznější při použití v prostředí, jehož konzistence je homogenní. Nejvýrazněji se tento fakt projevuje u povrchů jako sníh nebo bahno. Oblastí, kde se spirálový pohon používá do dnešních dní je překonávání zasněženého terénu.

Již na počátku století se proto objevují prototypy tzv. snowmobilů založených na tomto principu. Roku 1907 si A. Peavey patentuje svůj prototyp sněžné lokomotivy se čtyřmi Archimédovými spirálami na parní pohon. Toto, i když díku parnímu kotli velmi těžké vozidlo bylo schopné překonávat sněhové závěje rychlostí 2 míle za hodinu. Zatáčelo díky vyklánění dvojice šroubů do stran, které se ovládali kladkou a ozubeným hřebenem umístněným na konci vozidla.

Bohužel se jeho vynález nedočkal širšího zájmu a prakticky upadl v zapomnění.



obr. 1 ice locomotive

Zájem o toto řešení vyvstal během 2. Světové války, kdy 22. června 1941 vstoupila německá vojska na půdu Ruska. Veterán z východní fronty Johannes Raedel si během bojů na východní frontě všiml, že německé tanky měli velké problémy s překonáváním sněhových plání. Pás sice stlačoval sníh pod sebou, ale zároveň presoval sníh mezi pásy pod tělem tanku. Mohlo při vyšších rychlostech a hlubokém sněhu dojít k tak vysoké kompresi sněhu pod tělem, že tank uvízl. Readel

ve své práci zmiňuje mlýnek na maso, kterým byl inspirován. Zažádal proto vrchní velitelství v Berlíně, aby mu umožnilo práci na prototypu sněžného traktoru a uvolnilo finance na jeho vývoj. Během dubna 1944[1] byl schopný první prototyp provozu. Stalo se tak v rakouských Alpách, kde byly ideální podmínky na testování. Sněhový traktor se velmi osvědčil a i přes svoji vskutku primitivní konstrukci byl schopen nejen překonávat vysoké závěje, ale byl způsobilý vyprošťovacích prací. Bohužel pro Readela i německou říši se válečný vývoj otočil proti nim a již od počátku testování bylo jasné, že traktor nebude v širých pláních Ruska využíván. Porážkou německých vojsk upadl paradoxně v zapomnění i tento unikátní traktor o jehož existenci se dochovalo pouze několik fotografií a pečlivé zápisky Readela.

obr. 2 Schneemaschine

1.1.3 Traktor Fordson

Roku 1924 přišla malá firma Armstead Snow Motor Company na trh s ojedinělým sněžným traktorem Snow Devil. Nechali si patentovat spirální pohon a řešení svého vozidla. Šneky, kterým byl traktor vybaven byly opatřeny lichoběžníkovým závitem hlubokým pouhých 30 mm přivařeném na rozměrném bubnu válcového tvaru, vepředu zakulaceného. Celý koncept byl velmi jednoduchý a skládal se v podstatě jen s motoru, převodovky a dvojici bubnů připevněných k tělu traktoru pomocí dvojice konzol. Pomocí volantu se velmi jednoduše regulovaly otáčky jednotlivých bubnů, na které byl řetězy od převodového ústrojí předán kroutící moment. Na dobovém dokumentu z roku 1922 byly demonstrovány praktické vlastnosti tohoto stroje. Především to byla vynikající průchodnost traktoru v hlubokém sněhu a jeho velmi dobrá ovladatelnost, a dále schopnost táhnout v závěsu až 20 tun [2]nákladu po metrové vrstvě sněhu. Je zajímavé, že o tento koncept měl eminentní zájem samotný Henri Ford, což vyústilo v odkoupení patentu a záhy celé společnosti Armstead roku 1923.

obr. 3 traktor Fordson Snow Devil

obr. 4 Fordson wormobile

1 http://strangevehicles.greyfalcon.us/RAEDEL%20SCHRAUBENANTRIEB%20SCHNEEMASCHINE.htm

2 http://en.wikipedia.org/wiki/Screw_propelled_vehicle#Armstead_Snow_Motor

1.1.4 ZiL 2096

Toto cross-country offroad vozidlo se spirálním pohybem bylo nasazováno do míst kde, se běžné terénní vozidlo nedostalo. Především se osvědčilo v bahnitých oblastech Uralu, který je díky častým dešťovým přeháňkám pokryto často neprůchodnou bažinou. Zakázku tehdy Roskosmos (Ruská letecká a vesmírná agentura) zadala dceřiné společnosti ZIL. Úkolu se ujal Vitali A. Gračev, v té době už značně proslaven díky své konstrukci prvního ruského offroad automobilu GAZ-61. Gračev je dnes považován za jednoho nejplodnějších konstruktérů a designérů minulého století. Na svém kontě má přes 90 realizovaných automobilů, což je víc než kterýkoli jiný návrhář nejen v Rusku ale i ve světě[3]. Byl vyloučen z Tomské Polytechnické University, nejstarší inženýrské akademie v Sibiři a nastoupil jako dělník u závod Nižnij Novgorod (GAZ). Zde, i bez dosaženého vyššího vzdělání (má ukončené jen základní) se vypracuje roku 1954 až na pozici hlavního konstruktéra.

obr. 5 ZIL 2906

obr. 6 ZIL 4906 převáží ZIL 2906

Úkolem, kterým byl v rámci záchranného celku „Blue Bird“ pověřen navázal na práci svého krajana Arkadaje F. Nikolavěva, který se spirálním, či rusky „šnekochodem“ měl zkušenosti při řešení problémů v podmínkách severního pólu, kde by se bez těchto vozidel neobešel. Gračev dostal velmi přísné zadání, hlavně co se týče rozměrů a velikosti. Inženýři Roskosmosu totiž předpokládali, že na předpokládané místo dopadu návratového modulu donese stroj vrtulník Mi-6. Zároveň muselo být auto vybaveno dvěma místy k sezení a nosítky pro případ zranění kosmonautů.

obr. 7 ZIL 4906 při přistání modulu

1.1.5 SnowBird

SnowBird je experimentální vozidlo, díky kterému bylo možné realizovat projekt Icechalanger. Tento projekt si kladl za cíl překonat po zemi úsek z americké Aljašky do Ruské Čukotky. Nejobtížnější část je v tomto případě Beringův průplav o délce 70 km, který je pokryt stále se pohybujícími ledovými masami. K tomuto účelu bylo sestrojeno speciální vozidlo, které je schopno plavat po vodě, pohybovat se po ledu a sněhu a je způsobilé

3 Нарбут, А. 100 лет со дня рождения Виталия Андреевича Грачева. 2003.

vyšplhat se z vody na led. Základ tohoto vozidla tvoří upravená sněžná rolba Bombardier[4], na jejichž bocích jsou na hydraulických ramenech umístněny Archimédovy šrouby. Pohonná jednotka se skládala z Diesel motoru Perkins 1000 o výkonu 160 kW a ze dvou hydrostatických čerpadel Sunstrand. Jejich výkon byl z 1/3 využíván pro ovládání přímočarých hydromotorů, které se starají o zdvih ramen se šrouby a 2/3 slouží k samotnému pohonu šroubů. Vzhledem k faktu, že provoz BlueBirda probíhal za extrémních podmínek, kdy se teploty pohybovaly od -10 do -70˚C, s kombinací vody a sněhu, byla volba příslušenství a celkové konstrukce klíčová. Při testování se projevily problémy s uchycením ložisek k bubnům šneku, kde při nízkých teplotách vznikaly praskliny. Dalším problémem bylo samotné nastartování dieselového motoru, které se ukázalo jako velmi problematické. Jako klíčové uvádí jeden z lídrů expedice L. Brooks použití hydraulického startéru[5]. Díky inovačnímu přístupu a především kombinaci spirálního pohonu a pásů, je vozidlo BlueBird prvním pozemním strojem, kterému se podařilo zdolat Beringgův průplav a přejet z USA do Ruska.

obr. 8 SnowBird

1.1.6 MudMaster

Australská firma Residue Solutions zabývající se zpracováním průmyslových odpadů a vodním hospodářstvím zároveň vyrábí a prodává specializovaná vozidla na úpravu a vysoušení bahenních polí. Jejich MudMaster je čistě industriální aplikace šnekového pohonu, bez jakéhokoli přesahu do jiné oblasti. Hlavní doménou tohoto stroje je pomoc při likvidaci důlní hlušiny. Od 80. let se v Austrálii hlušina a bahenní materiály skladují mimo kontejnerové skladiště a využívá se k vysoušení sluneční energie[6]. Aby se proces urychlil a vyčleněné prostory pro vysoušení mohli být znovu využity, je nutno materiál „přeorat“, neboli převrátit horní již suché vrstvy vespod za účinku tlaku[7]. K tomuto účelu se výborně hodí právě vozidlo vybavené šneky. Vyrobeno bylo několik verzí a současná série IV je tím nejpokročilejším v produkci. Při své délce 8500 mm, šířce 4150 mm a průměru šroubů 1200 mm se jedná o jeden z největších exemplářů spirálního pohonu. K rozpohybování své operační hmotnosti přesahující 18000 kg je vozidlo

obr. 9 MudMaster

4 http://findarticles.com/p/articles/mi_m0FZX/is_12_68/ai_95954254/?tag=content;col1
5 http://findarticles.com/p/articles/mi_m0FZX/is_12_68/ai_95954254/pg_2/
6 http://www.residuesolutions.com.au/Equipment.html
7 http://www.residuesolutions.com.au/Equipment_files/MudMasterTechSpecs.pdf

vybaveno turbo dieselovým motorem Cummins MII – C350 o výkonu 300 kW a dvojicí hydromotorů Denison P11P Hydraulic Pumps. Je vybaven uzavřenou plně klimatizovanou kabinou pro jednoho člena posádky, která svým proskleným charakterem umožňuje řidiči prakticky neomezený výhled. Vozidlo je ovládáno pomocí dvojice joysticků, což umožňuje plynulou změnu směru jízdy vpřed nebo do boku. MudMaster je schopný se při hloubce usazenin 1000 mm pohybovat rychlostí 5 km/h a operovat v prostředí hustém 1785 kg/m^3. MudMaster je v industriálním nasazení jedinečný a v dnešní době operuje na 7 místech planety.

1.1.7 Současný stav

Bohužel vozidla se spirálním pohybem jsou prakticky na okraji zájmů technologického vývoje. Můžeme se s nimi setkat pouze ve speciálních nasazeních jako vysoušení bahnitých plání nebo práce v syrných hlínách. Jediným odvětvím, kde spirální pohon slaví úspěch i v dnešní době jsou hračky. Svým pohonem se z hračky stává univerzální vozidlo schopné obojživelného pojezdu a velmi rychlé jízdy v bok. Zároveň lze ilustrovat, i když pouze na modelovém vozidle, že pohyb po nehomogenním podkladu, jako je štěrk je bez obtíží možný.

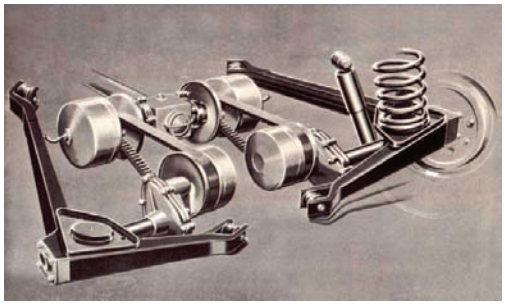
obr. 10 Tyco Terrain Twister

Budoucí vývoj tohoto konceptu závisí na podvědomí případných investorů do vývoje a dostatku přesvědčivých argumentů, které podpoří výhodu konceptu a jeho případné opodstatnění na trhu.

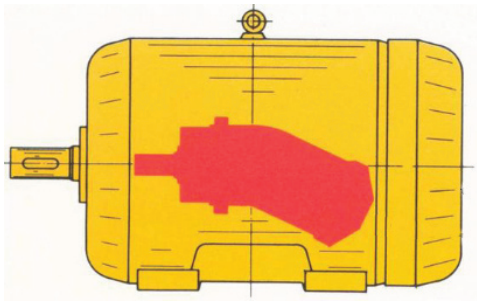
1.2 TECHNICKÁ ANALÝZA

1.2.1 Pohonná jednotka

O přeměnu energie na točivý moment pohánějící šrouby se stará pohonná jednotka. Extrémní off-road vozidlo, jako je Modulor na tuto jednotku klade velký důraz a musí splňovat náročné požadavky na bezproblémovost a vysokou odolnost proti vnějším vlivům. V původních konceptech „šnekochodů“ bylo vždy použito výkonných motorů většinou symetricky rozmístněných po obou stranách pro pohon každého šneku.



obr. 11 Variomatic



obr. 12 srovnání velikostí hydro a elektromotoru při stejném výkonu

Tento systém byl nejen náročný na údržbu, ale především neúměrně zvyšoval váhu vozidla, která se stala neúnosná u větších exemplářů. Důmyslnějším pohonem byl vybaven DAF amphirol. Byly použity dva motory DAF o objemu 750 kubických centimetrů a automatické převodovky Variomatic. Díky tomuto systému mohl Amphirol plynule měnit převodový poměr, a tím i rychlost. Převodový systém též umožňoval mód „reverse“, který dovoloval Amhirolu dosáhnou stejnou rychlost jako vpřed i do boku. U současných exemplářů v průmyslové oblasti se prosazuje použití hydrostatického pohonu. V posledních letech vzrůstá spolu s technologickým pokrokem v oblasti hydromechaniky oblíbenost hydraulicky hnaného pojezdu. Typickým příkladem jsou lopatové pásové nebo kolové rypadla či sněžné rolby. Mezi hlavními přínosy použití hydrostatického pohonu patří především menší velikost a hmotnost hydromotoru proti elektromotoru či spalovacímu motoru, při stejném výkonu, možná plynulá regulace otáček a vysoký kroutící moment. Hnací ústrojí s hydrostatickým převodem se uplatní zejména v pohonech strojů s proměnlivým provozním režimem (s častými změnami rychlosti a směru jízdy, s variabilním zatížením). Mezi nevýhody, patří nižší účinnost přenosu výkonu (např. ve srovnání s mechanickým převodem), také výrazná schopnost hydraulických obvodů akumulovat potenciální energii (a přirozeně i kinetickou energii) vytváří předpoklady pro tzv. „výměnu energie mezi akumulátory“ – soustava se může rozkmitat. Charakteristické vlastnosti hydrostatického převodu se projeví zejména v přechodovém režimu[8]. Při použití v navrhovaném konceptu vozidla je absence převodového ústrojí vzhledem k jeho hmotnosti klíčovým důvodem pro použití hydrostatického pohonu.

1.2.2 Šneky

Volba materiálu a geometrie šneku, jakožto základního funkčního prvku, který se stará o pohyb vozidla, je zásadní. U známých prototypů lze vysledovat rozdílný přístup k volbě

8 Hnací ústrojí s hydromotory

materiálu a použitých technologií výroby. Odvíjí se především od primárního prostředí, kde vozidlo operuje. Vozidla, které byly určeny především k pohybu na orné půdě, nebylo nutné vybavovat odolnými slitinami, ale postačila dřevěná konstrukce bubnu, který byl po obvodu okován, což mu dodávalo dostatečnou pevnost. Šneky pro vozidla určená pro pohyb na sněhu, kterým byl například sněžný traktor Fordson, byly v podstatě složeny z plechového tanku a navařeném lichoběžníkovém profilu. Výška profilu byla k poloměru základního válce velmi malá a snižovala účinnost pohybu, což bylo vyváženo menším namáháním a vyšší životností. Dalším důležitým parametrem šroubovice je poměr vnitřního objem bubnu k celkové hmotnosti. V případě, že je vozidlo schopné obojživelného pohybu, je vztlaková síla generovaná šrouby nezanedbatelná a je možno ji využít pro pohyb na hladině. Tohoto faktu využívá vozidlo SnowBird, které by bylo bez šneků jen klasickou sněžnou rolbou bez schopnosti překonávat překážky v podobě vodních ploch.

obr. 13 zemědělský traktor

obr. 14 buben traktoru Fordson

1.2.3 Materiály

1.2.3.1 Materiál šneku

Stejně jako konstrukce a tvar závisí volba materiálu na mnoha faktorech a způsobu použití šneků. Nejpoužívanějším materiálem (dle dochované dokumentace) byl hliník a jeho slitiny. Jeho dobré mechanické vlastnosti, odolnost proti korozi a především nízká hmotnost jsou základní parametry, které hovoří v jeho prospěch. K použití slitiny hliníku se přiklonil i V. A. Gračev při konstrukci ZiLu 29061, který byl v konstrukci a materiálech omezen především hmotností a nosností vrtulníku Mi-8, kterým byl „blue bird“ přepravován. Válec šneku bývá vyplněn izolační pěnou, která zabraňuje vniknutí nečistot nebo vody v případě porušení pláště. Na rozdíl od ruského vozidla nebyli konstruktéři z DAF, ani jejich současníci stojící za vývojem „MudMastera“ nijak omezeni hmotností vozidla, a zaměřili se spíše na odolnost a vyšší trvanlivost šroubů, které jsou z manganové oceli vysoce odolné proti opotřebení. Díky odolnějším šroubům je možné opustit viskózní prostředí bažin a mokřadů, a vydat se i do terénu náročnějšího na materiál. Při použití chromman-

obr. 15 SnowBird

ganové oceli by nebyl problém při překonávání terénu s výskytem tvrdších hornin, což by pro méně odolné materiály bylo nemožné.

1.2.3.2 Materiály karoserie

obr. 16 Profil z kompozitního materiálu

V konstrukci osobních automobilů se stále častěji v posledních letech prosazují kompozitní materiály a plasy. Jejich výhody proti klasickým materiálům jsou především v odolnosti vůči korozi, snížení hmotnosti, hladiny hluku i vibrací. Kompozitní materiály vykazují vysoké pevnostní charakteristiky převyšující v řadě případů vlastnosti ocelí a hmotnost nižší, než je u slitin hliníku. Od počátku vývoje kompozitních materiálů bylo optimalizováno jejich složení, zlepšili se jejich mechanické vlastnosti a ve více případech se snížila cena pod úroveň cen klasických konstrukčních kovových materiálů. Výhodou používání kompozit je programovatelnost jejich vlastností. Uhlíková vlákna lze charakterizovat vysokou pevností, vysokým modulem pružnosti a vysokou tepelnou odolností. Pro případy, kde kritériem výběru je poměr meze pevnosti v tahu a měrné hmotnosti, jsou u kompozit s uhlíkovými vlákny tyto vlastnosti mnohem příznivější než u kompozit s vlákny skleněnými. Příkladem použití kompozit s uhlíkovými vlákny jsou např. letecké vrtule a další dílce letadel, např. části křídel, konstrukční dílce kosmických dopravních prostředků[9]. Jednou s posledních aplikací uhlíkových vláken je použití u nejnovějšího letounu firmy Boeing 787 Dreamliner. Místo tradičních kovů na bázi hliníku bylo pro plášť použito uhlíkových vláken. Jedna z nevýhod je křehkost uhlíkových vláken, kdy se místo plastických deformací roztříští a horší vizuální kontrola poškození, které se často neprojeví vizuálně. Pro navrhovaný koncept je klíčová především dostatečná pevnost, která poskytne posádce uspokojivou bezpečnost při přepravě.

9 http://www.techtydenik.cz/detail.php?action=show&id=1026&mark=

1.3 DESIGNERSKÁ ANALÝZA

Z hlediska designu se toho ve sféře vozidel se spirálním pohonem moc neobjevuje. Většina vozidel byla konstruována účelně a hospodárně, často byly vyhotoveny pouze v jediném exempláři, a proto nebylo líbivé tvarování nutností. Zvítězily jednoduché plochy bez zbytečných detailů a křivek, které byly z výrobního hlediska nenákladné.

1.3.1 ZIL 2906

Jedním z mála prototypů, který sjel z prken konstruktérů a byl realizován ve větším než jediném exempláři byl ZIL 2906, vozidlo programu „Blue Bird“. Do konce 80. let bylo vyrobeno 20 kusů, kterých se dochovalo jen pár. Produkce tohoto unikátního vozidla byla ukončena kvůli nedostatečné přepravní kapacitě pasažérů. Vozidlo bylo konstruováno s ohledem na hlavní požadavek a tím bylo dodržení rozměrů a váhy. Především bylo nutné převážet ZIL 2906 na svém mateřském transportéru ZIL 4906, které mělo omezenou nosnost a k manipulaci používalo svůj jeřáb. Zároveň byl celý komplex dopravován na místo určení pomocí vrtulníků Mi-8 a letadel Antonov. Je zřejmé, že je designéři toho vozidla se zaměřili spíše na funkcionalitu než na vzhled. Dva šneci jsou upevněni na masivní konzolové konstrukci, která je v zadní části kolmo přivařena k rámu. Přední část jejich uchycení přechází v šikmé plochy určené k snazšímu zdolávání vertikálních překážek. Horní čtvrtina šneků je kryta blatníky, jež účinně zabraňují odletu nečistot směrem ke kabině, bez bočních krytů. Nástavba s kabinou je vyrobena z rovných ocelových plechů, čímž je dosaženo maximální výrobní efektivity. V čele masky se nachází dva světlomety, které jsou symetricky umístěny po obou stranách. V zadní části se nachází prostor pro náklad nebo jednoduché stolice pro přepravu pasažérů.

obr. 17 ZIL 29601

obr. 18 ZIL 29601

21

DESIGN

2. DESIGN

Primárním designérským záměrem, který jsem si stanovil v diplomové práci bylo vytvořit z prakticky již zapomenutého konceptu vozidla se spirálním pohonem stroj, který svým výrazem upoutá a zároveň bude splňovat všechny požadavky na záchranné vozidlo. Stávající koncepty kromě ZiLu 2906, který byl vyroben ve 20 exemplářích, byly vždy navrhovány striktně podle funkčních zásad. Pro celek byla důležitá především funkce a nenáročnost výroby prototypů. Nikoho proto nepřekvapí, že se jednalo převážně o exempláře prostých jakéhokoli tvarovaní nebo křivek. Modulor, jak jsem vozidlo nazval, se v tomto směru snaží rehabilitovat celý koncept a dodat tomuto neobvyklému stroji novou tvář.

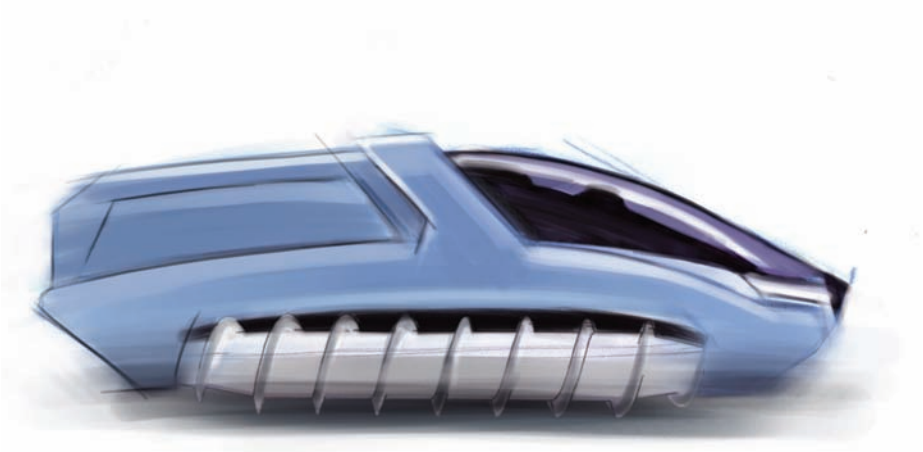
2.1 VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU

2.1.1 Předdiplomový projekt

Návrh vozidla v předdiplomovém projektu sloužil především k prostorovému ujasnění celé kompozice a návrhu možných řešení celku. Hmotově byl vůz stylizován spíše do lodní podoby než do klasického automobilu. Vozu dominovala obsáhlá kabina, která se rozprostírala podél celého vozu. Díky lodnímu tvarování byla interiérová podlaha umístněná vysoko nad vozovkou, což umožnilo vzniku efektní přední části, kde sklo kabiny začínalo již v počátku kabiny. Celkové zvýšení světlé výšky bylo zároveň problematické z ergonomického hlediska, vzhledem k faktu obtížněji dosažitelné paluby pro pasažéry, která se nacházela 1500 mm vysoko. Po uvážení bylo i opuštěno od čelního skla zasahujícího do počátku. S postupující prací na projektu se i upravovala základní podstata celého konceptu do finální podoby, ve které je vozidlo prezentováno především jako terénní záchranné. Modulor musí tuto definici ctít nejen po funkční stránce (což je díky pohonu splněno), ale i po stránce vzhledu, čemuž velké prosklené plochy, které představují vysoké riziko při off-road jízdě, kde může lehce dojít ke kolizi neodpovídají. Následující návrhy tento fakt zohledňují a přiklání se k robustnějšímu výrazu. Dalším progresem proti počátečním návrhům bylo řešení nosníků, ve kterých jsou usazeny šrouby. Proti původním, jakoby separátním prvkům, jsou navrhnuté nosníky tvarově zakomponovány do karoserie a doplňují horní linii určenou pro pohyb osob.

obr. 19 předdiplomový projekt

obr. 20 předdiplomový projekt



obr. 21 předdiplomový projekt

2.2 FINÁLNÍ NÁVRH

2.2.1 Exteriér

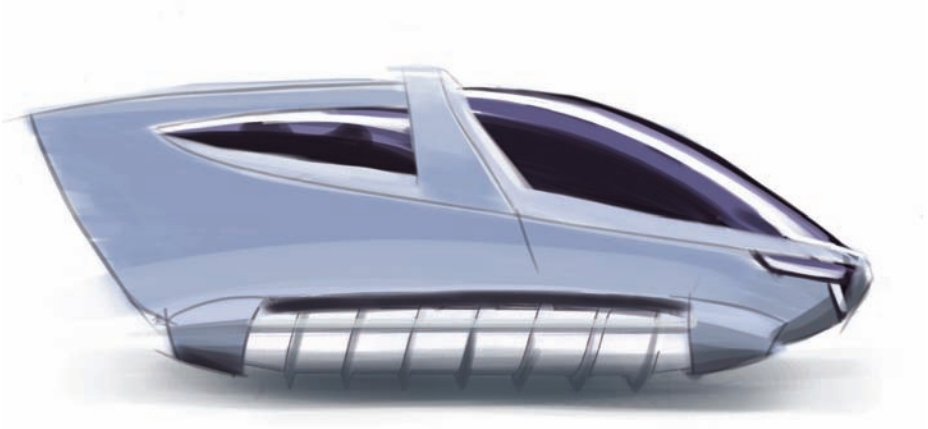
Výsledné exteriérové řešení je průnikem několika na sobě nezávislých poznatků, jejichž sloučením vznikl nejen tvarově originální celek. V případě Moduloru je originalita zároveň podmíněna faktu, že existující vozidla využívající k pohybu šneky byly prosty

obr. 22 finální návrh

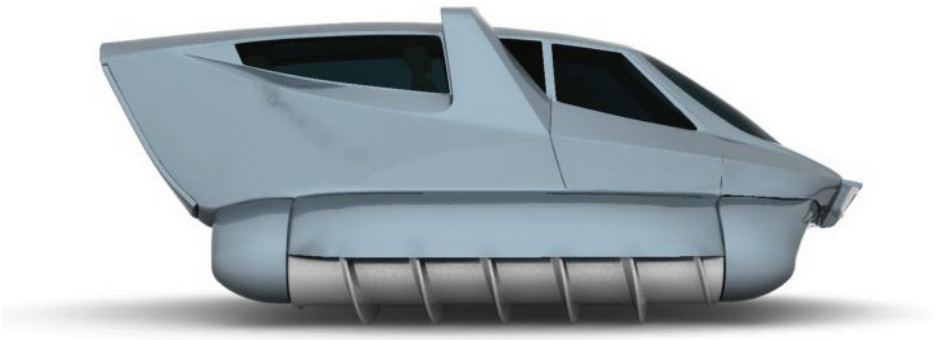
estetiky a byly tvarově zcela podřízeny výrobní jednoduchosti. Tento fakt byl z hlediska designu výhodný, protože neexistují žádné standardy nebo konvence, které jsou v mnohých ohledech velmi svazující, jako např. u osobních automobilů. Z funkčního hlediska ovšem znalosti nabyté z ostatní produkce zásadně chyběly. Možným východiskem se stalo nalezení koncepčně nejbližšího vehiklu. V mnoha ohledech je APC (Armoured personnel carrier) podobný s Modulorem. U obou vozidel jsou na stranách umístněny pohybové prvky (pásy/šneky) a primárním poslání je přeprava resp. záchrana pěchoty/lidí a některé z nich jsou schopny obojživelného provozu. Vysledované závěry z vojenské techniky umožnili stanovení hlavních prvků exteriérového řešení konceptu. Především to byla volba jednotných odklápěcích dveří, které slouží zároveň jako hlavní přístupový bod do

obr. 23 APC M113

obr. 24 AAV-7A1



obr. 25 vývojová skica s finálními liniemi



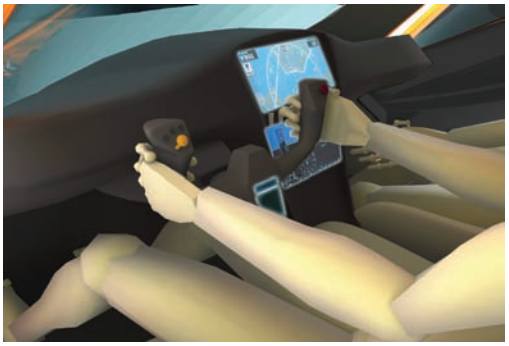
obr. 26 hmotová 3D skica

vozidla a zjednodušují manipulaci s lehátkem. Dveře zadní části obklopuje rám, na němž jsou umístněny zadní světlomety a poziční světla. Opticky mohutný zadní rám je ukončen koncovou linií zadního okenního prostoru.

Přední část vozu je podmíněna funkčnímu tvarování a charakteru obojživelného vozidla. Začíná zde hlavní nosná linie, která je přítomná v průběhu celého boku vozu a její tvar se odráží v dalších křivkách. Hlavní linka je zároveň hraniční, která rámuje prostor před okny, Tento prostor opticky zeštíhluje kabinu a přitom zásadně neubírá prostor interiéru. Zásadním výrazovým prvkem finálního návrhu je středový rám, který dodává vozu robustní vzhled. Vrchní část je využito pro přídavné světlomety, případně ostatní příslušenství. Proti vývojovým skicám došlo k přepracování celé frontální části. Velkou plochu předního skla nahradilo rozdělení A sloupkem a linií dveří. Vzniklo tím čelní sklo, které je pro koncept terénního vozu přijatelnější.

2.2.2 Interiér

Vnitřní prostor Moduloru byl navrhnut s maximálním důrazem na modularitu a prostorovou štědrost. Tomuto faktu je podmíněna především podlaha, která je plochá a zásadně ulehčuje pohyb vybavení a zvyšuje manévrovací možnosti vybavení. Plochá podlaha je narušena pouze v přední části, kde ve středové části vybíhá do palubní desky informační konzole. Ve středové konzole jsou umístněny LCD dotykové panely. Zobrazují informační údaje o vozidlu a dotykem lze volit potřebné informace. Samotné ovládání probíhá pomocí řídícího kontroléru, který v sobě kombinuje výhody joysticku a volantu. Ten je zapuštěn do střídmě tvarované palubní desky. Polohovatelná sedadla jsou sportovněji tvarovaná z důvodu vyšších možných náklonů vozidla při překonávání terénu, kde je nutné vyšší obepnutí těla, aby se předešlo jeho většího pohybu. Sedadla je možné ve dvojici sklopit do horizontální polohy a vytvořit tím další improvizované lůžko. Levá část (z pohledu od zadních dveří) je vyčleněna jako oddělení s multifunkčním nosítkem. V případě potřeby je možné po odstranění lůžka využít čtyři pohotovostní sedáky podél zdi a vytvořit tím další místa pro pasažéry.



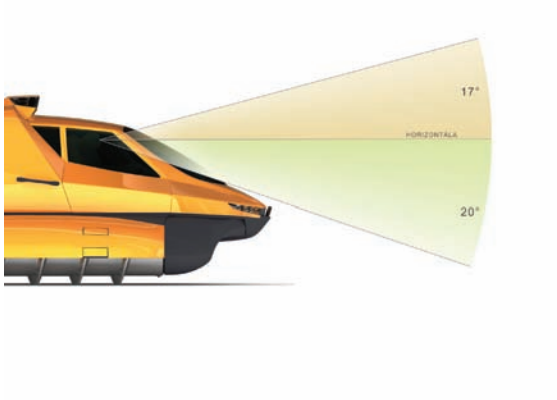
obr. 27 pohled na palubní desku

2.3 ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ

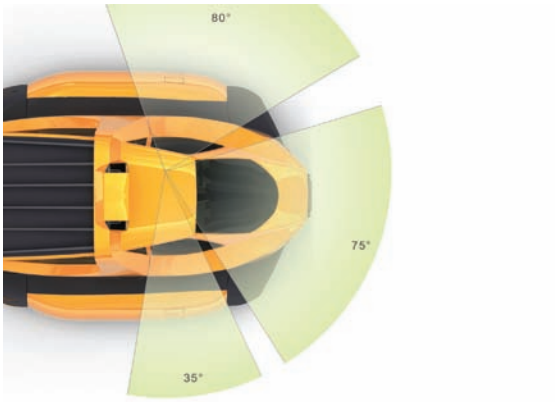
Ergonomie, jakožto vědní disciplína o postavení člověka v pracovních nebo jiných podmínkách má v automobilovém průmyslu významnou roli. Je nutno brát v úvahu, že prakticky žádné s předchozích modelů vozidel se spirálním pohonem neřešilo tuto stránku vůbec, nebo jen do povrchní míry. Koncept Moduloru je v tomto ohledu pionýr a klade velký důraz jednotlivým ergonomickým aspektům.

2.3.1 Výhled z vozidla

Výhled z vozidla je jedním z hlavních parametrů při posuzování použitelnosti ergonomie kabiny. Přední části dominuje čelní sklo, které ve spodní části již překrývá palubní deska. Relativní velikost A sloupku vyvažuje jeho vzdálenost od řidiče v rovině jeho

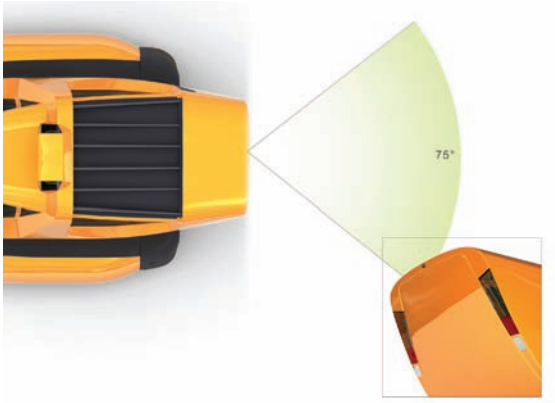


obr. 29 čelní zorné úhly



obr. 28 horizontální zorné úhly

očí, čímž podstatně snižuje velikost slepého úhlu. Bereme-li v potaz, že vozidlo není určeno na běžné pozemní komunikace může výhled, který se dostává řidiči konkurovat běžným vozidlům. Absence zpětných zrcátek je vyvažována kamerovým systémem, který je umístněn v rámu zadních dveřích a umožňuje řidiči i jeho spolujezdci pozorovat na svých LCD panelech dění na zádí vozidla.



obr. 30 rozsah zpětné kamery

2.3.2 Osvětlení

Charakter vozu vyžaduje dostatečné osvětlení nejen blízkého okolí, ale především výkonný systém, který je schopný dosáhnout i vzdálenější místa. Modulor je v tomto ohledu nadmíru vybaven. Spolu s předními světlomety jsou k dispozici i ovladatelné přídavné střešní světlomety, které jsou schopny osvětlit vzdálená místa. Prostor za vozidlem je osvětlován zadními světly, které poskytují dostatečný světelný komfort pro posádku při pohybu v zadní části a na plošině. Modulor je vybaven čtyřmi červenými pozičními světly pro lepší lokalizování.

obr. 31 osvětlení vozidla

2.3.3 Nastupování

Modulor přináší svou unikátní konstrukcí nevýhodu ve výše postavené kabině a její podlaze. Ta je umístněna v 1000 mm nad zemí a proto bylo nutné vybavit vozidlo stupačkami pro snadnější přístup do kabiny bočními dveřmi. Stupačky v přední části se nacházejí 400 mm[10] a 800 mm nad zemí a jsou umístněny v bočním krytu šneků. Díky klopnému mechanismu, který je ve stupačkách přítomen nedochází k průniku nečistot od šneků na povrch. Při otevření předních dveří dochází k aretaci jejich kloubů a je možné se zachytit za madlo na okraji dveří, aniž by došlo k jejich pohybu. Tímto je možné bez problému vystoupit na vnější límec, ze kterého lze pohodlně vstoupit do kabiny předními dveřmi nebo přejít do zadní části pro manipulaci s nákladem na umístněného na střeše. Druhou možností, jak se na boční plošinu dostat, je možnost využití výsuvných stupaček umístěných uvnitř zadního nosníku šroubu. První je umístněna ve výšce 400 mm a druhá 700 mm. Ovladač jejich vysouvání a zasouvání se nachází pod ovladačem zadních dveří na obou stranách rámu.

obr. 32 nástup do kabiny v přední části

obr. 33 nástup do kabiny v přední části

2.3.4 Dveře

Koncepce navrhovaného vozidla je třídveřová, přičemž se ze zadními dveřmi počítá jako s primárními pro nástup a výstup posádky. Zadní dveře, které slouží jako vstupní plošina, jsou hydraulicky sklopné a dosahují podložky při úhlu 30˚ od horizontály. Jsou vybaveny

10 ŠMÍD, M. Ergonomické parametry. 1976.

vruby trojúhelníkového průřezu s protiskluzovou úpravou pro bezpečnější nástup a výstup při různých sklopeních plošiny. V levé části se nachází ližiny pro usnadnění manipulace s polohovatelnými nosítky. Dotykové panely pro ovládání otevírání a zavírání zadních dveří se nachází na obou stranách rámu, do kterého se dveře zavírají ve výšce 1400 mm. Výška umožňuje stisk tlačítek průměrně vysokému jedinci i v případě, že vozidlo má zvýšenou světlou výšku díky změněné geometrii šneků. Při zvýšení vozidla se tlačítka nachází ve výšce 1800 mm.

Přední dvojice dveří slouží jako sekundární vstup posádky a jejich používání není vzhledem ke tvarové koncepci vozidla tak elegantní jako při použití dveří zadních. Otevírají se pomocí dálkového ovladače nebo skrytého tlačítka umístněného v přední masce. Jedná se o klasicky otevíratelné dveře v horizontální rovině. Osa rotace dveří je o 200 mm posunuta vpřed od předního okraje, z důvodu větší šíře prostoru před dveřmi. Po otevření dveří o 40˚dochází při dalšímu pohybu vpřed k aretaci a je možné dveře použít jako úchyt při nastupování. V opačném případě lze dveře pohybem zpět uzavřít.

2.3.5 Madla

Pro bezpečné nastupování a vystupování, by měl mít člověk k dispozici alespoň jedno madlo, zvláště pokud se jedná o vozidlo, kde je hlavní rovina zvýšena o 1 metr. Madla jsou proto nejen důležitým funkčním prvkem, ale především zajišťují bezpečný pohyb osádky vně vozidla. V přední části se nachází madlo na levo od dveří v B sloupku, které v kombinaci s chytem vnitřní strany dveří umožňuje bezpečný vstup na vyvýšenou platformu. Na zadní části vozidla je madlo umístněno pod okenní hranou. Slouží především k zvýšení stability při pohybu na límci kabiny nebo při manipulaci či nakládání na zavazadlový prostor na střeše.

obr. 36 zadní dveře při plném otevření

obr. 37 zadní dveře při plném otevření

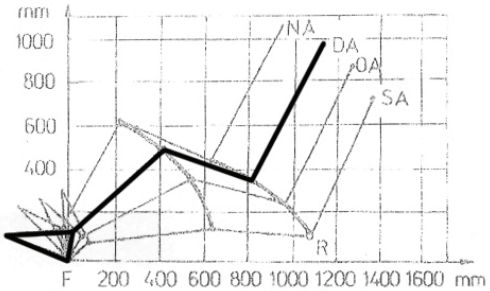
obr. 35 přední dveře s integrovaným madlem

obr. 34 detail madla v B sloupku

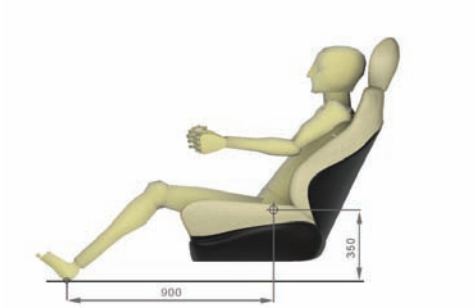
2.4 INTERIÉR

2.4.1 Ergosféra řidiče

Řidič je bezesporu jedním z nejdůležitějším členem posádky, a proto je jeho pracovnímu prostoru věnována velká pozornost. Pro zajištění spolehlivé obsluhy vozidla je nutné, aby všechny prvky a ovladače související s řízením byly dobře dostupné a splňovaly požadavky pro terénní automobil. Hlavním kontrolním zařízením je ovládací kormidlo umístněné v pohyblivém sloupku. Jedná se v podstatě o obouruční joystick, na kterém jsou umístněny prvky nezbytné k řízení vozidla včetně stavového displaye. Pohyb vozidla vpřed i vzad odpovídá náklonu kormidla v podélném směru a pohyb do stran rotací vlevo či vpravo. Všechny kontrolní prvky jsou dobře viditelné a tvarově zvětšené a izolované. Minimalizuje se tím riziko přehmatu při jízdě v terénu, kdy může dojít k velkým vibracím a způsobit tím nepřesnost hmatu. Přímo před řidičem je umístněn LCD monitor, zobrazující aktuální informace, jejichž charakter lze měnit pomocí ovládacího kormidla. Ve středové konzole, která se nachází na levo od řidiče a je společná i pro jeho spolujezdce jsou umístněny dotykové monitory, kterými lze sledovat a upravovat jednotlivé vlastnosti vozidla stejně dobře jako navigovat.



obr. 38 polohy sedadla pro různé kategorie vozidel



obr. 39 poloha sezení řidiče ve vozidle

2.4.2 Sezení

Koncept vozidla si co se týče interiérového sezení zakládá především na jeho variabilitě a pohodlnosti. Z tohoto důvodu je možné všechny interiérové prvky libovolně pozicovat v rámci rail systému. Sedadla, které byly u konceptu použity tvarově nastiňují vzhled, jakým by se měl výsledný interiér ubírat. Sedadla řidiče a jeho spolujezdce nesdílí s ostatními stejnou kolejnici a částečně se liší i sed řidiče. Poloha sezení řidiče spadá podle jeho geometrie do kategorie řízení dodávkového auta. Sedačky jsou odpružené, výškově i úhlově stavitelné a tvarováním dokonale fixují torso pasažéra. Prostor pro cestující zahrnuje dvě sedadla v pravé části a prostor pro stavitelná nosítka v levé. V případě nutnosti je možné jednoduchým sklopením a posuvem přeměnit sedáky v provizorní lůžko a přepravovat tak při nutnosti dva ležící pacienty. Při absenci lůžka je možné vzniklý prostor využít k přídavnému

obr. 40 rentgenový pohled na sezení posádky při standardním rozmístnění

sezení, sklopením čtyř sedáků, které se nacházejí podél zdi. Tímto je možné zvýšit počet přepravovaných osob na osm.

2.5 TVAROVÉ ŘEŠENÍ

2.5.1 Kabina

Cílem proto nebylo tvarování připomínající aerodynamického dravce, ale dodat účelnému pojetí vozidla estetický nádech, splňující obecnou představu záchranného vozidla. Důležitými prvky je především dvojice rámů, které umocňují mohutnost a stabilitu vozidla a vzhledově dodávají pocit bezpečí, což je pro záchranné vozidlo příhodné. Středovou část kabiny a její vertikály obepíná límec. Ten kryje při minimálním výšce vozidla šrouby do jejich poloviny a je pevně zafixován k tělu kabiny. Zároveň slouží jako důležitá součást přístupnosti vozidla. Na svém svršku je vybaven protiskluzovým povrchem a spolu se zadním nosníkem vytváří

obr. 41 rentgenový pohled z vrchu na sezení posádky při standardním rozmístnění

obr. 42 pohled na variantu s lehátkem

obr. 43 přídavné čtyři sklopené sedáky

obr. 44 prostor v levé části

obr. 45 improvizované lehátko po sklopení

jednotnou rovinnou plochu, která zasahuje k počátku předních dveří.

2.5.2 Nosníky

Důležitým tvarovým prvkem samotné konstrukce je dvojice nosníků, ve kterých jsou uchyceny šneky. Tvarem vychází z kužele, jež plynule ukončuje linii šneků. Do trupu vozidla přechází v přední části plynulou návazností na čelní linie. Celkový tvar reflektuje skutečnost, že vozidlo se bude primárně pohybovat vpřed a půdorysně proto přední nosníky vytváří špici, která usnadňuje pronikání v neprůchodném terénu. Nosníky zadní části jsou zakončeny takřka rovinnou plochou a integrují v sobě stupačky pro lepší přístup posádky na límec kabiny.

2.5.3 Světlomety

Primární světlomety jsou umístněny v přední části vozu a i když je před nimi předsazen ochranný přední rám, představují výrazné elementy a dodávají potřebný výraz. Tvar reflektuje účel Moduloru a nesnaží se o agresivní vzhled, který je tak vlastní celé řadě modelů automobilů. Tvar by měl na pozorovatele působit vstřícně a zároveň elegantně. Pro maximální účinnost je hlavní plocha světlometu umístněna na vertikální ploše s přechodem kde jsou umístněny LED diody potkávacích světel. Sekundární pomocné světlomety se nachází v nástavbě na střešním rámu vozidla. Zadní světlomety jsou integrovány do rámu a mají podlouhlý tvar který kopíruje linie zadních dveří.

obr. 49 přídavné střešní světlomety

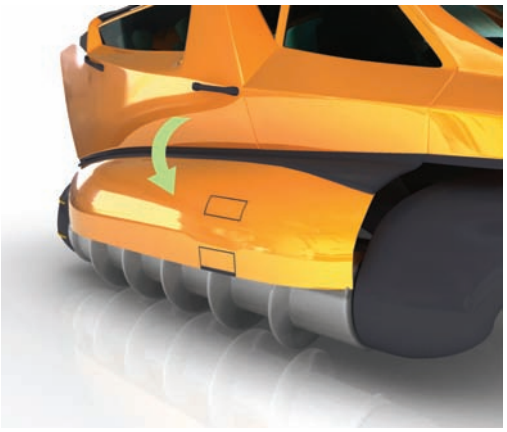
obr. 48 přídavné střešní světlomety

obr. 47 zadní světlomety

obr. 46 přední světlomety

2.5.4 Kryty šneků

Plechové kryty šneků jsou rotačně upevněny k límci pomocí jednoduchých pantů a mají především prevenční funkci. Chrání k průniku nečistot a částí podkladu, které se přesouvají a víří díky rotaci šneků. Jejich rotační vazba umožňuje účinně chránit šneky i při změně geometrie tím že se přizpůsobí úhlu natočení. Důležitou funkci vykonávají kryty i pro překonávání terénů, kdy svým tvarem napomáhají kompresi hmoty pod nimi a tím zvyšují účinnost spirálního pohonu.



obr. 50 sklopný kryt šneků

2.6 BAREVNÉ A GRAFICKÉ REŠENÍ

Charakter Moduloru vynikne především při použití světlé barvy, která je tak typická pro většinu záchranných vozů. Zažitým standardem bývá bílá, žlutá nebo červená s barevnou kombinací pro doplňky, jako jsou piktogramy kříže nebo reflexní pruhy. Pro můj koncept, je viditelnost a kontrast proti okolnímu prostředí klíčovou veličinou. Proto je zvolený odstín oranžové barvy vhodným kompromisem mezi viditelností a estetikou. Primární barvy doplňují tmavě šedé nebo černé plochy, které vyznačují především funkční části (protiskluzový povrch) nebo značí použití odlišného materiálu. Tmavou barvou jsou též ohraničeny funkční prvky jako jsou madla či stupačky.

obr. 51 barevné varianty

2.7 PROVOZNĚ-TECHNOLOGICKÉ ŘEŠENÍ

2.7.1 Základní koncept

Modulor je koncept víceúčelového záchranného vozidla blízké budoucnosti, který plně využívá výhod svého netradičního pohonu pro plnění úkolů v nejnáročnějších podmínkách na zemi. Primárním účelem tohoto vozidla je záchrana a evakuace osob v podmínkách a prostředích, které jsou pro běžné vozidla s klasickým pohonem kol nepřekonatelné. Důraz je kladen především na důmyslnou konstrukci, umožňující obojživelný pohyb, variabilitu vnitřního uspořádání a neotřelý design. Tvarové a konstrukční pojetí by mělo odpovídat požadavkům záchranného vozidla, které jsou podmíněny především účelností řešení interiéru a exteriéru. V podmínkách, kde se předpokládá nasazení vozidla, ať už jsou to bažinaté pláně nebo extrémní mráz za polárním kruhem, není prostor pro nedotažené řešení a neúčelné výstřelky.

obr. 52 Zil 2906

Hlavní, inspirací pro tento koncept, bylo sovětské záchranné vozidlo ZiL 2906 pod vedením zkušeného konstruktéra V. Gračeva[11]. Vozidlo se stejným účelem je určené do podobných podmínek, ale svým vzezřením a celkovým provedením nebudí zrovna dobrý dojem.

obr. 53 Zil 4904

Technickými parametry se můj koncept blíží spíše větší a pozdější verzi ZiL 4904, což bylo vozidlo určené pro záchranu většího počtu osob[12]. Pohotovostní vahou kolem osmi tun[13] a s délkou kolem osm metrů se jedná o největší exemplář tohoto typu. Konstrukci vévodí mohutná kabina pro členy stálé osádky za nichž se nachází nákladní prostor. Ten byl v případě potřeby vybaven čtyřmi lůžky pro přepravu osob.

2.8 ZÁKLADNÍ ČÁSTI VOZIDLA

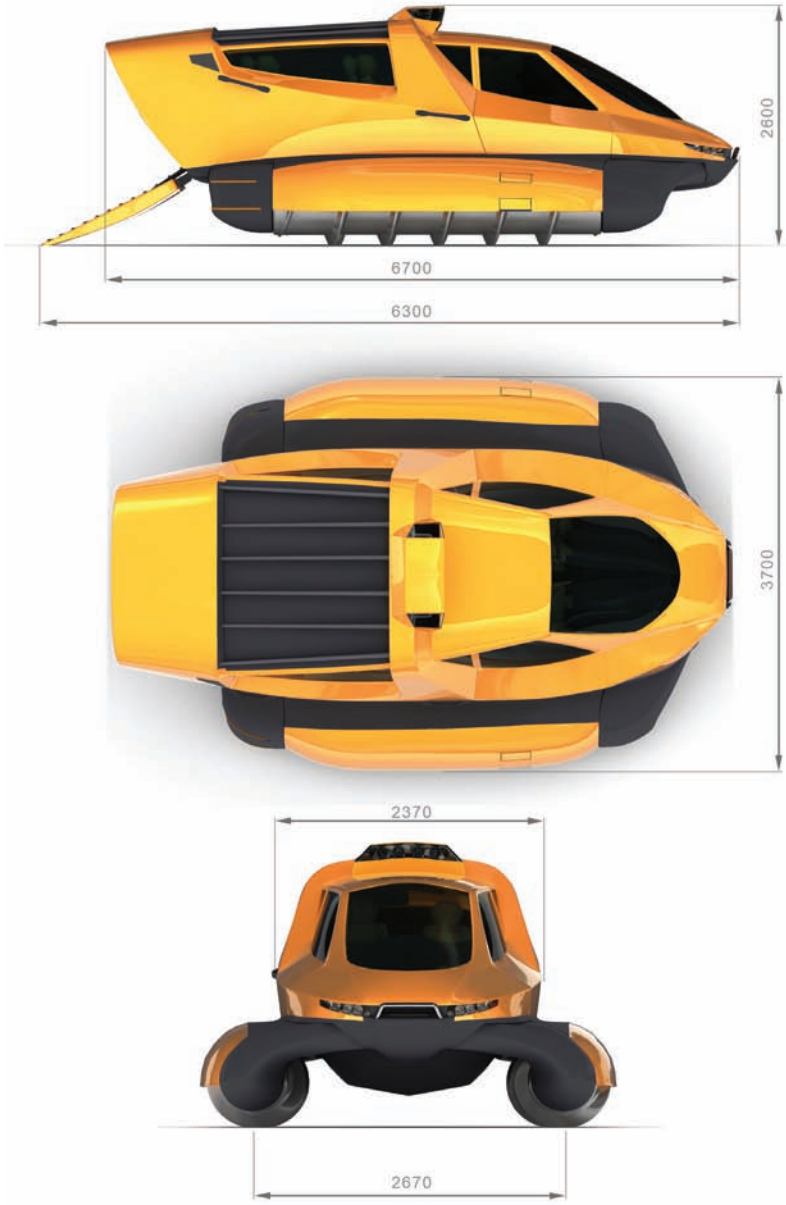
Hlavními prvky vozidla jsou bezesporu jeho dva šrouby umístněné po bocích těla vozu. Jsou upevněny ve čtveřici tvarových nosníků, které slouží ke změně geometrie šroubů. Šrouby jsou kryty podélným blatníkem, uchyceným ke karoserii rotační vazbou, čímž umožňují plynulé krytí šneků i při změně geometrie. Kabině vévodí dva nosníky a tvarově „obtékající“ místo pro pasažéry. Mezi nimi je umístněné podélné okno kapkovitého tvaru. Koncepčně se jedná o třídveřové vozidlo s vyklápěcími zadními dveřmi. U konstrukce

11 http://www.tver4x4.ru/school.html?publications=publications26
12 http://www.gruzovik.ru/ru/info_article/history/last_iaz/default.aspx
13 http://zhurnal.lib.ru/k/kostin_k_a/komunuzhnykolesa.shtml

rámu vozidla se vzhledem k nedostatečným informacím o předešlých konceptech musím omezit pouze volbu materiálu a orientační tvar. Stejně jako konstruktéři ZiLu i já jsem zvolil jednoduchý ocelový rám v kombinaci s plechy a nosníky ze slitin hliníku kvůli jejich nižší hmotnosti proti oceli.

2.8.1 Rozměry

Rozměrově je Modulor mezi dvěma Ruskými exempláři. ZiL 2906 se svými 4900 mm[14] délky byl pro komfort větší posádky nedostatečný ale 8300 mm délky a 3400 mm šířky ZiLu 4904 bylo vzhledem k snížené ovladatelnosti a vysoké hmotnosti moc. Zvolenými proporcemi jsem se snažil nalézt kompromis mezi komfortem osádky, ovladatelností, stabilitou a vahou.



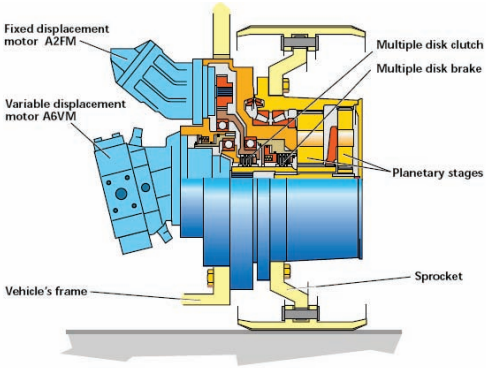
obr. 54 rozměry Moduloru

14 http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%98%D0%9B-2906

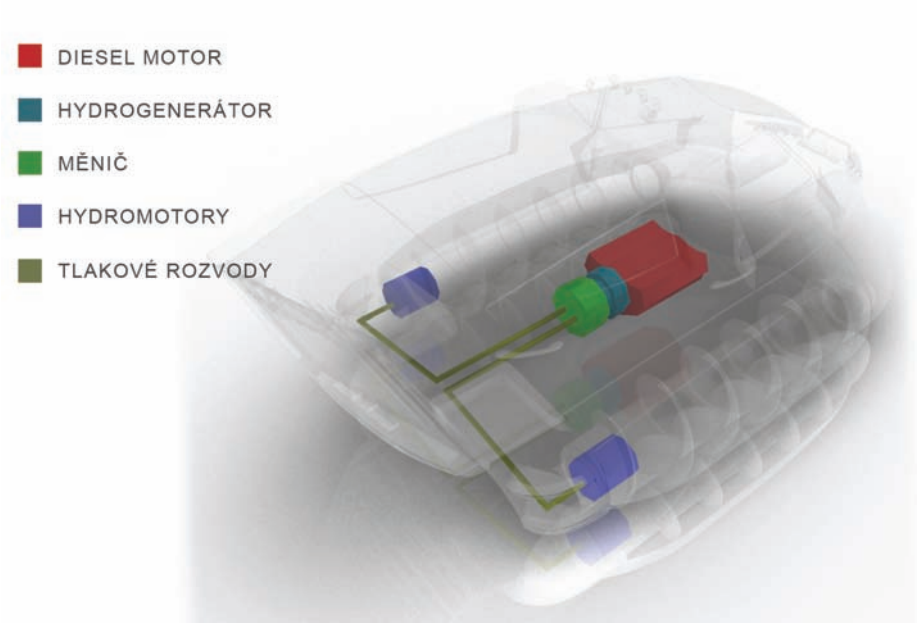
2.8.2 Pohon

Skutečnost, že vozidla se spirálním pohonem nejsou zcela rozšířená a není tedy možno použít některé ze stávajících koncepcí pohonu, jako by to bylo například u osobních automobilů, byl u tohoto konceptu navržen invenční přístup k této problematice, která se v žádném z jiných vozidel tohoto typu neobjevila. Každý z předchozích modelů byl kromě výjimek (např. Fordson) vybaven dvojicí spalovacích motorů a dvojicí převodových skříní. Koncept pohonu, který byl ujasněn v předdiplomovém projektu vychází z použití hydrostatického pojezdu. Soustava se skládá z diesel motoru, který pohání hydrogenerátor. Dvojice i s měničem je umístněná uprostřed vozidla v dolní části. Hydraulický rozvod vede k oběma šnekovým nosníkům, kde dodává potřebný tlak hydromotorům, které jsou umístněny na počátku šneků. Kroutící moment je na šneky převáděn pomocí dvojice planetových převodovek. Byl zvolen systém Hydrotrac firmy Rexroth/Bosch, což je kompaktní pohonná jednotka skládající se s hydromotoru a integrovanou planetovou převodovkou. Zároveň obsahuje dynamickou provozní brzdu, která je díky

obr. 55 Hydrotrac



obr. 56 Hydrotrac schéma

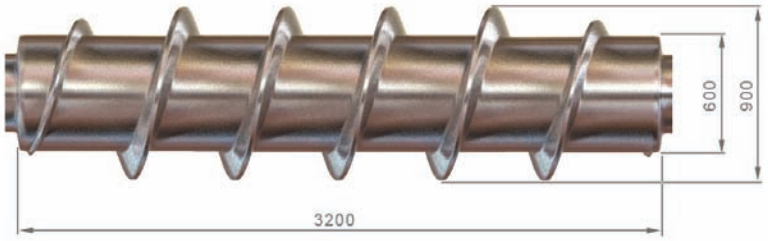


obr. 57 schéma pohonu vozidla

tomuto uspořádání značně redukována. Váha pohonné jednotky a těžiště vozidla jsou optimálně umístněné. Zvolený výkon dieselového agregátu je pouze orientační, protože se není možné opřít o žádné funkční exempláře stejných proporcí se stejně řešeným pohonem. Fakt, že k pohonu největšího šnekového vozidla ZiL 4904 byly použity dva motory ZIL-375 s s objemem 6959 cm3 a výkonem 130 kW napovídá o poměru výkon/hmotnost potřebného k dostatečné manévrovatelnosti. Menší ZiL 2906 využíval dvojici UAZ motorů o výkonu 50 kW. Za předpokladu menší účinnosti zapříčiněné převodem energie na hydrostatický tlak a faktu, že váha navrhovaného konceptu se bude pohybovat do 4000 kg, byl zvolen agregát o výkonu 160 kW.

2.9 ŠNEKY

Pohybová schopnost Moduloru a jeho manévrovatelnost závisí s největší části na jeho základních prvcích - šnecích. Geometricky se jedná o Archimédův šroub, který na obou koncích přechází do spirály. Průměr středního válce, který je uvnitř vyplněn izolační pěnou je 600 mm. Izolační pěna chrání vnitřní prostor válce proti nechtěnému vniknutí nečistot či vody v důsledku porušení pláště. Zároveň izoluje hydromotor s planetovou převodovkou, které jsou umístněny v zadní části. Vnější průměr závitu je 900 mm při úhlu stoupání 30˚. Šrouby jsou vyrobeny z hliníkové slitiny se zvýšenou odolností proti opotřebení. Rozměry a geometrie šneku spolu s volbou materiálu jsou z větší části převzaty ze sovětských exemplářů.



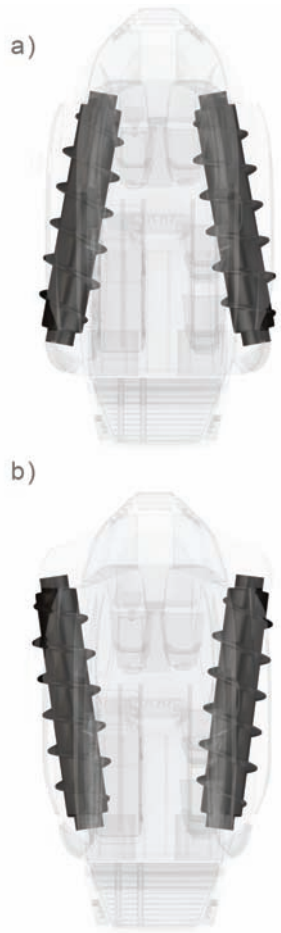
obr. 59 Archimédův šroub Moduloru

2.10 PODVOZEK

Podvozek je tvořen dvěma šneky zasazenými do pohyblivých nosníků. Nosníky jsou rotačně uchyceny do rámu vozidla, na kterém jsou zároveň uchyceny moduly hydraulického tlumení. Osa rotace nosníků je rovnoběžná s podélnou osou vozidla a je hydraulicky ovládána s možností rotace 30˚ od základní roviny. Touto rotací je možné měnit geometrii šneků. Při maximálním vyhnutí nosníků o 15˚ od podélné osy se zvedne světlá výška vozidla o 400 mm. Změna geometrie je důležitou vlastností vozidla, která má zásadní vliv na jízdní vlastnosti a pomáhá překonávat terénní nerovnosti. Změna geo-

obr. 58 změna geometrie sklonu šneků

metrie je znázorněna na obrázku 60. Při stavu a) dochází k agresivnějšímu průrazu terénu při maximálně zdvihlé přídi vozidla. Toto postavení je vhodné u zdolávání překážek větších rozměrů, kdy snížená příď není přínosná. Příklad b) znázorňuje opačné postavení, kdy je příď naopak snížena. V případě zapadnutí či imobilnosti z důvodu překážky nebo zaseknutí dochází v zadní části ke kompresi a hromadění hmoty, z čehož může spirální pohon těžit pro následné vyproštění svépomocí. Pro pohyb na vodní ploše je nejvhodnější základní nastavení, které zachovává co největší rozchod a tím nejníže umístněné těžiště. Zároveň dochází k dotyku spodní plochy trupu s hladinou, a tím k vztlaku potřebného k plování.



obr. 61 změna geometrie šroubu

2.11 PŘÍSLUŠENSTVÍ

2.11.1 světlomety

Ve středovém B-sloupku jsou integrovány přídavné stavitelné světlomety. Pro hledání nebo záchraně lidských životů je dostatečné osvětlení okolí klíčové. Pro přídavné světlomety byla zvolena xenonová výbojka. Proti běžně používaným halogenovým světlům má xenonová výbojka vyšší svítivost, delší životnost (až několik tisíc provozních hodin)[15] a teplotu chromatičnosti světla blížící se dennímu světlu. Směr natočení přídavných střešních světlometů je možné ovládat z kabiny pomocí joysticku v rozmezí 30˚. Větší úhly pokrývá stranový pasivní světlomet, který je nastaven kolmo k podélné ose.

2.11.2 Naviják

Modulor, jakožto primárně záchranné vozidlo musí být vybaveno i zařízením pro vyprošťování a odtah překážek. K tomuto účelu je vybaven hydraulickým navijákem, který je narozdíl od elektrických provozně spolehlivější a zároveň využívá již existující hydraulický okruh vozidla. Koncept využívá „hidden“ systém, kdy je naviják skryt v kapotáži a vzhled není prakticky vůbec pozměněn. Tažná síla navijáku by měla být vyšší (přibližně o 25%), než je reálná váha vozidla, aby bylo možné vozidlo dalo vyprostit i v případě, že je v cestě nějaká překážka. V tomto případě se jedná o tažnou sílu cca 6000 kg, čemuž odpovídá zvolený naviják Mile Marker HI9000, jež je vybaven planetovou převodovkou.

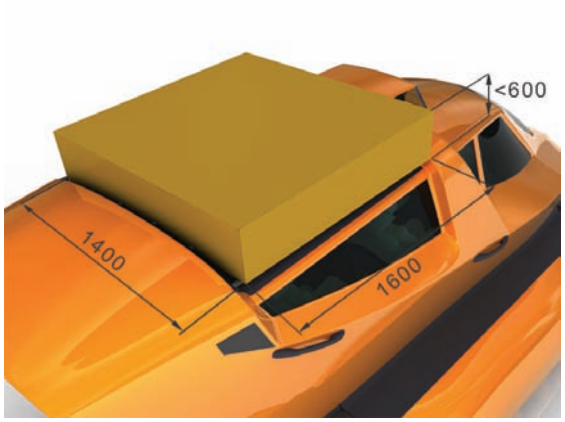
obr. 60 naviják v přední části pod kapotáží

15 http://cs.wikipedia.org/wiki/Xenonov%C3%A1_v%C3%BDbojka

2.11.3 Střešní úložný prostor

Střecha kabiny mezi B a C sloupkem nabízí díky vyztužené rámové konstrukci dostatečný prostor pro náklad všeho druhu. Na nosné tyče je možné připevnit prakticky jakýkoli náklad o čtvercových rozměrech o délce strany 1600 mm, přičemž podélná strana může v krajním případě dosahovat délky 2800 mm, což dostačuje i pro přepravu rozměrných nákladů. Samotná kabina umožňuje sama o sobě přeměnu v úložný prostor a se svými 9000 l (počítáno po sedadla stálé osádky) se jedná o adekvátní prostor. Přístup je realizován pomocí zadních odklopných dveří, které mohou částečně sloužit jako nakládací plošina.

obr. 62 nosné tyče úložného prostoru



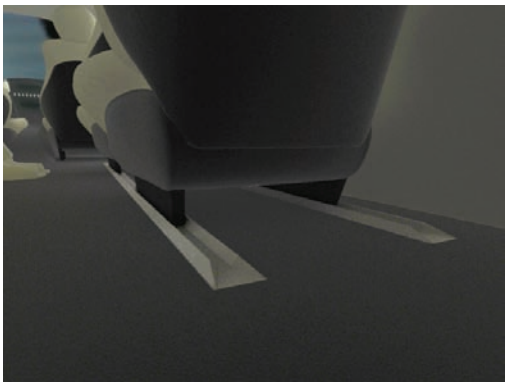
obr. 63 střešní břemeno

2.12 KABINA

Kabina a její konstrukce je základní částí vozidla a u návrhu Moduloru jí byl věnován velký prostor. Především musí splňovat požadavky robustního řešení s maximálním bezpečím a komfortem pro posádku. Vzhledem k faktu, že vozidlo má splňovat primárně záchranářskou funkci, bylo nutné navrhnout i dostatečně flexibilní vnitřní prostor pro všechny extrémní případy, které mohou v terénu nastat. Kabina se skládá ze dvou výrazových prvků v podobě nosné konstrukce, která na dvou místech obepíná vnitřní prostor. Střední hlavní B-sloupek v sobě integruje nejen rám, ale v horní části se nachází podpůrné světlomety a sání motoru. V přední části se dostatečnou tuhost stará mohutný A-sloupek, jehož linie plynule přechází do střešní plochy. Mezi oběma nosníky se nacházejí tyče úložného střešního prostoru. Mají nejen pevnostní a ochrannou funkci kabiny, ale zároveň slouží jako madla při chůzi po bočních límcích vozidla. V přední části se nachází dvojice rámových dveří, které otevírají v horizontální rovině. Díky posunuté ose rotace dveří směrem kupředu je možné vytvořit dostatečný prostor pro nástup posádky i při menších úhlech odklopení. Zadní dveře jsou hydraulicky výklopné a zavírají se do rámu, který je obklopuje, a díky své velikosti umožňují dostatečně komfortní možnosti pro nástup a výstup posádky. Dveře jsou kvůli možnosti pohybu po hladině hermeticky uzavíratelné a nemůže tím dojít k vniknutí vody do prostoru kabiny. Dostatečný přítlak po zavření poskytují bezpečnostní pojistky v horní části dveří.

2.12.1 interiér

Interiér Moduloru je podmíněn především jeho funkčností, variabilitě a dostatečnému prostoru pro posádku. Jednou z důležitých prvků, který přispívá k dobré pohyblivosti a možnosti orientace uvnitř interiéru, je plochá podlaha. Tento fakt byl při návrhu zohledněn a bylo k němu přistupováno jako k základnímu fundamentu, od kterého se odvíjel zbytek konstrukčních řešení. Podlaha je pokryta průmyslovou krytinou ALTRO Classic X25[16], která bývá standardní výbavou transportních prostředků tohoto typu. Jedná se o vodovzdornou, protiskluzovou krytinu, odolnou těžkému namáhání. Pro zajištění maximální variability uspořádání uvnitř vozidla byl použit do části pro cestující rail systém. V podstatě jde o podélně uložené lyžiny trapézového průřezu s rozteční 300 mm, které umožňují variabilní uchycení jakékoli části příslušenství. Upínání probíhá pomocí čtveřice neodymových magnetů NdFeB (Neodym-železo-bor), které jsou v současné době nejsilnějšími permanentními - trvalými magnety[17]. Deaktivace magnetické síly probíhá pomocí spínače na straně magnetického upínače. Lyžiny umožňují libovolně stavit příslušenství a tím pružně uzpůsobovat prostor kabiny aktuálním požadavkům. Rail systém je zároveň velmi přínosný pro manipulaci s nosítky při plném zatížení.



obr. 64 ližiny rail systému

16 http://www.estav.cz/katalog/listy/K1228295.pdf
17 http://www.magsy.cz/page/155.magnet-neodymovy-ndfeb/

31

ROZBOR

3. ROZBOR

3.1 TECHNICKÁ FUNKCE

Klíčovým bodem pro technickou funkci je především pohon vozidla. Jedná se o spirální pohon, jež je navrhnutý netradiční formou a opírá se o neotřelou koncepci, která je v souladu s dnešním technologickým poznáním a moderními trendy.

Klasická charakteristika vozidla vychází z jeho využitelnosti. Jde o extrémní offroad vozidlo, které je navrženo způsobem, tak aby tvarově splňovalo požadavky pro záchranné vozidlo, ale na druhou stranu je dbána velká zřetel na jeho vzhled, funkčnost a variabilitu interiéru.

Vzhledem k jeho technickým a ergonomickým vlastnostem je také dbáno na dodržení původních vlastností, které činí vozidlo svým způsobem jedinečným. Toto vozidlo se dostane na místa, která by byla velice náročná zdolat jakýmkoliv jiným prostředkem. Bahno, voda, sníh, nerovná půda či zalesněná oblast nepůsobí řidiči vozu sebemenší problémy a osádka je proto schopná se naplno věnovat záchrannému procesu.

3.2 ESTETICKÝ ASPEKT

Estetická hodnota návrhu je založena na technických a ergonomických předpokladech, jež byly definovány v rámci návrhu vzhledu vozidla. Projekt je postaven na originální a moderní formě, což potvrzuje skutečnost, že jde o první koncept vozidla se spirálním pohonem, jež se snaží pracovat s tvarováním a barvami. Tvary vozidla byly určeny jednak na základě funkčního využití, ale i s ohledem na estetické cítění. Byly formovány do takových podob, aby v lidech vzbuzovaly důvěru a měly na ně pozitivní vliv. Se stejným úmyslem byly vybírány i barvy a materiál.

Pro vnější stranu vozidla byla zvolena oranžová barva. Oranžová je symbolem optimismu, mládí a radosti ze života. Je to teplá, pozitivní, povzbuzující barevná energie, která pomáhá proti depresím, pesimismu, nespokojenosti, pocitům nechuti a letargii. Vzbuzuje také zvědavost a chuť po dobrodružství. Všechny tyto charakteristiky úzce souvisí s využitím vozidla. Touha po dobrodružství, může mít význam u pracovníků, jež se vydávají na cestu za záchranným účelem. Důležitost povzbuzujícího účinku je markantní zejména pro zachraňovaného člověka, jež je vystaven velkému stresu prostřednictvím omezené schopnosti mobility nebo různých forem zranění. Tato barva byla vybrána i z důvodu dobré viditelnosti z velké vzdálenosti, což má význam při hledání osob v různém prostředí v obtížných podmínkách nebo v těžko přístupném terénu.

Béžová barva je v současnosti v interiérech velmi žádoucí, a to zejména pro své mnohostranné použití. Působí velmi přirozeně, protože je inspirována živou i neživou přírodou. Udržuje si také velmi dobré postavení mezi ostatními, převážně dominantními barvami, což je v mém případě černá a modrá. Společně s nimi vyrovnává nepřiměřené napětí v prostorné kabině a uvolňuje dost energie na to, aby se lidé cítili ve vozidle příjemně. Hodně světlé tóny béžové navíc opticky zvětšují a prosvětlují celkový vzhled interiéru, což bezpochyby působí elegantně pozitivním dojmem.

Na materiál obložení v interiéru byla použita semiš. Tato volba představuje měkkost a útulnost, kterou navíc podtrhuje béžová barva. Vše bylo zvoleno na základě hlavního záměru, a to navodit pocity klidu a pohodlí pro převážené osoby.

3.3 EKONOMICKÝ ASPEKT

Fakt, že vozidla se spirálním pohonem nejsou tolik rozšířena i přes svoje nesporné kvality, netkví v omezenosti použití na nezpevněné podložky, ale především v absenci komplexního řešení. Existuje celá řada účelových vozů, které si své místo na trhu našly a díky konkurenčnímu prostředí se od sebe diferencují nejen vzhledem, ale především cenovou politikou a snižováním nákladů. Za všechny je možné jmenovat sněžné rolby, kterým se i přes značné technologické omezení podařilo zaujmout pevné místo na trhu a často vykonávají v zastoupení funkce, jež jim nejsou zrovna vlastní. Touto integrací do jiných oblastí získaly rolby pevné místo na trhu a konkurují např. i zemědělským strojům. Možnosti Moduloru jsou v tomto ohledu ještě větší, protože možná variabilita a schopnost pohybu po vodě dává vozidlu nesrovnatelné výhody. Oblastí, kde tyto unikátní možnosti lze plně využít jsou polární oblasti. Kombinace sněhu, ledu a vody, tedy povrchů, kde má Modulor nevetší účinnost, je ideální pro použití spirálního pohonu. Primárním cílem by tedy měl být logicky postup k dosažení co největšího odbytu vozidla s výhledem na sériovou výrobu. Inteligentní marketingovou kampaní, která se pokusí prosadit tento koncept i do oblastí, které byly doménou pouze specializovaných vozů je možné ve střednědobém hledisku dosáhnout požadovaných cílů.

obr. 65 Sněžná rolba Piston Bully 600

obr. 66 Sněžná rolba Piston Bully 600

3.4 SOCIÁLNÍ ASPEKT

Sociální funkce vozidla představuje prospěšnost a záměrné využití pro dnešní i budoucí účel. Primární přínos spočívá v záchraně lidských životů. Vozidlo dokáže zdolat i ty nejobtížnější terény a je schopno bezproblémového provozu i v těch nejdrsnějších podmínkách. Toto vozidlo se může stát důležitým pomocníkem záchranného systému. Je připraveno zasahovat v horském či arktickém prostředí, bažinách, vodních plochách nebo v těžko přístupné krajině s hlavním cílem - vyprostit člověka a pomoci mu v případě nouze. Vzhledem k faktu, že je vozidlo určeno pro skupinu lidí, je třeba podotknout, že interiér byl navržen s ohledem na sociální charakter a hlavní záměr bylo vytvořit příjemné prostředí pro přepravované osoby.

3.5 PSYCHOLOGICKÁ FUNKCE

Psychologický aspekt vychází z celkového působení vozidla na člověka. Význam pro převážené osoby vyplývá ze zhodnocení estetického aspektu vozu. Jde tedy o vhodný výběr materiálů, barev a tvarů tak, aby pro člověka tvořily příjemné prostředí a navozovaly uvolnění, lehkost, bezpečí a klid. Svou unikátností však vytváří důležité psychologické pojetí i pro osádku vozidla. Vzhledem k tomu, že jde o jedinečný, moderní vůz, může v mysli pracovníka vyvolat pocit hrdosti, a tím i dopomoci k jeho pozitivnímu přístupu v rámci pracovní činnosti.

4. ZÁVĚR

Skutečnost, že vozidla na principu spirálního pohonu fungují v současné době pouze v oblasti průmyslu a jejich vzhled je tedy přímo podmíněn funkci, byla do velké míry výhodná. Neexistence jakékoliv současné produkce stejného konceptu dává prakticky neomezené možnosti při návrhu a uplatňování vizí. Absence konvencí či obecného podvědomí sice podstatně rozšiřuje oblast kreativního tvoření, ale zároveň zvyšuje náročnost návrhu na originální řešení různých prvků, které jsou v segmentu osobních automobilů běžné.

Během práce na projektu a procesu tvorby bylo proto nutné vymýšlet nové a koncepčně neotřelé prvky, které jsem bylo třeba do mého návrhu zakomponovat. I přes řadu komplikací a problémů, s nimiž jsem se musel v průběhu vypořádat, se domnívám, že se mi cíle, nastíněné v úvodu práce, podařilo naplnit.

Požadavky na ergonomii, variabilitu a funkčnost, jež jsou kladeny na terénní dopravní prostředek, jsem se pokusil sjednotit do esteticky příjemného celku, který odpovídá charakteru záchranného vozu. V práci jsem využil poznatky z oblasti ergonomie, moderních materiálů a pohonů. Velký důraz byl kladen především na variabilitu vnitřního prostoru a pohodlí přepravované posádky.

Výsledný návrh je v mnoha ohledech jedinečný a kombinace estetiky s funkčním hlediskem z něj dělá konkurenceschopné záchranné vozidlo. Jen těžko je možné nalézt dopravní prostředek, vybaven konvenčním pohonem, který by dosahoval stejných parametrů a variability jako Modulor.

Nesporné výhody, jež tento druh pohonu nabízí, nejsou dostatečně ohodnoceny, což je dle mého názoru škoda. Doufám, že diplomová práce může pomoci při osvětě spirálního pohonu, který je stále mimo rozlišovací schopnost výrobců specializovaných automobilů a dopomůže k širšímu povědomí o tomto konceptu.

5. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

[1] НАРБУТ, А. *100 лет со дня рождения Виталия Андреевича Грачева*. Moscow : MGIU, 2003. 60 s.

[2] ŠMÍD, M. Ergonomické parametry. Praha : SNTL, 1976. 200 s. Typové číslo L13-B2-IV-31f/22491.

Internetové zdroje

[3] ARNDT, R. Raedel Schraubenantrieb Schneemaschine : Screw Propulsion Snow Vehicle. *Strangevehicles* [online]. 1944 [cit. 2008-11-18]. Dostupný z WWW: <http://strangevehicles.greyfalcon.us/RAEDEL%20SCHRAUBENAN-TRIEB%20SCHNEEMASCHINE.htm>.

[4] ФОРДОМ , Г., ПОРШЕ, Ф. Изобретатель внедорожной техники Грачеа В.А. *Джип-клуб* [online]. 2009 [cit. 2009-03-09]. Dostupný z WWW: <http://www.tver4x4.ru/school.html?publications=publications26>.

[5] KADLECOVÁ, J. Podlahová bezpečnostní krytina ALTRO. ABF : *Stavební katalog* [online]. 1995 [cit. 2009-05-05]. Dostupný z WWW: <http://www.estav.cz/katalog/listy/K1228295.pdf>.

[6] Kompozity zdroj stále nevyčerpatelných konstrukčních možností . *Technický týdeník* [online]. 2006 [cit. 2009-02-09]. Dostupný z WWW: <http://www.techtydenik.cz/detail.php?action=show&id=1026&mark=>.

[7] КОНСТАНТИН, К. Кому нужны колеса?. *Журнал Самиздат* [online]. 2009 [cit. 2009-04-10]. Dostupný z WWW: <http://zhurnal.lib.ru/k/kostin_k_a/komunuzhnykolesa.shtml>.

[8] MESSENGER, B., MULLINS, P. The ultimate ATV : Snowbird 6 makes historic passage of Bering Strait; crossing water and ice - Innovative Uses Of Horsepower. *BNET* [online]. 2002 [cit. 2008-12-18]. Dostupný z WWW: <http://findarticles.com/p/articles/mi_m0FZX/is_12_68/ai_95954254/?tag=-content;col1>.

[9] MESSENGER, B., MULLINS, P. The ultimate ATV : Snowbird 6 makes historic passage of Bering Strait; crossing water and ice - Innovative Uses Of Horsepower. *BNET* [online]. 2002 [cit. 2008-12-18]. Dostupný z WWW: <http://findarticles.com/p/articles/mi_m0FZX/is_12_68/ai_95954254/pg_2/>.

[10] Neodymové NdFeB magnety. *MAGSY* [online]. 2005 [cit. 2009-05-10]. Dostupný z WWW: <http://www.magsy.cz/page/155.magnet-neodymovy-nd-feb/>.

[11] Screw propelled vehicle. *Wikipedia* [online]. 2009 [cit. 2008-11-19]. Dostupný z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Screw_propelled_vehicle#Armstead_Snow_Motor>.

[12] SMIRK, D. Improved tailings management using the “MudMaster”. *Residu-esolutions* [online]. 2008 [cit. 2009-01-11]. Dostupný z WWW: <http://www.residuesolutions.com.au/site/DefaultSite/filesystem/documents/MudMaster-TechSpecs.pdf>.

[13] ВАСИЛЬЕВ, В. Последний бортовой ЯАЗ. *Грузовик Пресс* [online]. 2007 [cit. 2009-03-12]. Dostupný z WWW: <http://www.gruzovik.ru/ru/info_article/history/last_iaz/default.aspx>.

[14] ЗИЛ-2906. *Википедии* [online]. 2008 [cit. 2009-05-01]. Dostupný z WWW: <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%98%D0%9B-2906>.

6. SEZNAM OBRAZOVÝCH ZDROJŮ

obr. 1 http://patentpending.blogs.com/patent_pending_blog/images/capture1221200671305_pm.jpg
[citováno 2008-19-10]

obr. 2 http://strangevehicles.greyfalcon.us/pictured/rae2.jpg
[citováno 2008-17-11]

obr. 3 http://forums.aaca.org/ubbthreads.php/topics/578232/Re_1926_Fordson_Snow_Devil,jpg
[citováno 2008-11-11]

obr. 4 http://lh5.ggpht.com/_JcBjMSQ-pqY/SJNWALXJDrI/AAAAAAAABVQ/OU8EvmM7mu8/SANY0888.JPG
[citováno 2009-14-2]

obr. 5 http://denisovets.narod.ru/zil/zilprototips/ZIL29061_.jpg
[citováno 2008-14-10]

obr. 6 http://denisovets.narod.ru/zil/zilprototips/ZIL4906_ZIL2906.jpg
[citováno 2008-14-10]

obr. 7 http://www.vokrugsveta.ru/img/cmn/2008/09/10/024.jpg
[citováno 2009-10-4]

obr. 8 http://vekotus.org/wp/wp-content/uploads/2009/02/snowbird_6.jpg
[citováno 2009-10-4]

obr. 9 http://www.residuesolutions.com.au/Equipment_files/P7200059_1.jpg
[citováno 2009-16-4]

obr. 10 http://frikingenieria.files.wordpress.com/2008/08/tyco-rc.jpg
[citováno 2009-2-3]

obr. 11 http://www.philseed.com/images/daf-variomatic-transmission.jpg
[citováno 2009-15-3]

obr. 14 http://farm4.static.flickr.com/3212/2909902484_d8ea16de2e.jpg
[citováno 2009-27-4]

obr. 15 http://i104.photobucket.com/albums/m199/Von_poop/vroooooooom.jpg
[citováno 2009-14-4]

obr. 16 http://www.5m.cz/userfiles/image/kompozitni3.jpg
[citováno 2009-29-4]

obr. 17 http://www.autoyap.ru/images/71348.jpg
[citováno 2008-15-11]

obr. 18 http://www.autoyap.ru/images/71349.jpg
[citováno 2008-15-11]

obr. 22 http://www.armyjeeps.net/XM734M113/M113RearRampOpen.jpg
[citováno 2009-10-4]

obr. 23 http://www.enemyforces.net/apc/aav7.jpg
[citováno 2009-22-1]

obr. 51 http://denisovets.narod.ru/zil/zilprototips/ZIL2906proto.jpg
[citováno 2009-22-1]

obr. 52 http://denisovets.narod.ru/zil/zilprototips/ZIL4904.jpg
[citováno 2008-10-4]

obr. 54 http://image.ec21.com/image/hydraulicsnewbie/oimg_GC02954087_CA03140792/GFt_Series_Travel_Drives_Motor_gearbox_.gif
[citováno 2009-8-3]

obr. 55 http://www.boschrexroth.com/country_units/asia/china/zh/products_/Product_Download/RE77124_06.00.pdf
[citováno 2009-19-4]

obr. 64 http://content.optimapartner.no/Picture.aspx?vid=11802330&-fid=1449&cid=koXyN
[citováno 2009-4-5]

obr. 65 http://www.pistenbully.com/uploads/tx_z7smoothgallery/PistenBully-Sondereinsatz_-Biogas-Silage-Versch..jpg
[citováno 2009-4-5]

7. PŘÍLOHY

[1] sumarizační poster (A1)

[2] designérský poster (A1)

[3] technický poster (A1)

[4] ergonomický poster (A1)

[5] náhledy posterů (4 x A4)

[6] animace

[7] seminární práce k diplomové práci

[8] design portfolio

[9] CD s prezentací