Univerzita Pardubice

Dopravní Fakulta Jana Pernera

Úprava podvozku terénního automobilu

Martin Papež

Bakalářská práce

2015

zadání

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

Tato bakalářská práce byla realizována s využitím technologií Výukového a výzkumného centra v dopravě.

V Pardubicích dne 25.5.2015

Martin Papež

Poděkování:

Poděkování patří především mému vedoucímu bakalářské práce Ing. Janu Pokornému, Ph.D. za akceptování vlastního tématu a poskytnutí univerzitních laboratoří včetně pomoci a zkušených rad.

Další poděkování patří panu Ing. Petrovi Jílkovi, DiS. za asistenci v laboratorních prostorách a panu Jiřímu Hýskovi za poskytnutí sériového automobilu za účelem jeho měření a porovnání s upraveným automobilem.

Poděkovat chci také rodině za podporu a možnost studií na vysoké škole a za motivaci, bez které bych takových výsledků nedocílil.

Anotace

Sériově vyráběné podvozky terénních automobilů jsou vždy konstruovány s ohledem na zachování maximálního pohodlí posádky a co největší spolehlivosti dílů. Práce pojednává o možných úpravách podvozku terénních automobilů za cílem dosažení větší průjezdnosti terénem a vylepšení slabých míst automobilu náchylných k poškození. Jedna ze specifikovaných variant úprav je následně kompletně realizována. Spočívá ve zvýšení podvozku za účelem většího rozsahu základních parametrů, jako jsou přechodové úhly, lepší kopírování terénu beze ztráty adheze a kontaktu s koly, atd. Nově dosažené parametry jsou ověřeny díky sérii laboratorních měření a následným porovnáním s údaji měřeními na sériovém automobilu.

Klíčová slova

terénní automobil, podvozek, průjezdnost, modifikace, přechodové úhly, náklon, těžiště

Title

Modification of chassis of off-road car

Annotation

Original four wheel drive (4WD) off-road vehicle chassis are constructed in the manner of maximal cabin comfort and component reliability. The work is focused on possible chassis modification to aim the better off-road abilities and strengthen the weak parts of the vehicle. One of the specified options is fully implemented. It consists in making the chassis higher and increasing the basic parameters scale like transition angles, an ability to copy the surface without adhesion losses etc. New parameters are verified by series of laboratory experiments. Moreover, the parameters are compared with those of the same vehicle in its original version.

Keywords

four wheel drive off-road vehicle, chassis, modification, ability of movement in terrain, adhesion, centre of gravity

Obsah

Seznam ilustrací 8

Úvod 10

1. Konstrukce a vlastnosti terénních automobilů 11

1.1. Účel 11

1.2. Podvozek 11

1.2.1. Nosné rámy 11

1.2.2. Pohonné ústrojí 12

1.2.3. Uzávěrky diferenciálu 12

1.2.4. Převodová redukce 13

1.2.5. Nápravy 14

1.2.6. Zavěšení náprav 15

1.2.7. Odpružení 15

1.2.8. Příčné vedení náprav 16

1.2.9. Tlumení odpružení 17

2. Úprava podvozku terénního automobilu za účelem zvýšení průjezdnosti terénem 18

2.1. Vybraný automobil 18

2.2. Návrh a předpokládané dosažené výsledky 18

2.2.1. Návrhy 18

2.2.2. Očekáváné výsledky 21

2.3. Realizace a aplikované úpravy 21

2.3.1. Příprava 21

2.3.2. Demontáž 22

2.3.3. Úpravy, ošetření 22

2.3.4. Montáž 27

3. Porovnání parametrů se sériovým automobilem 28
3.1. Účel 28
3.2. Postup měření 28
3.2.1. Vstupní údaje vozidel 28
3.2.2. Podmínky, odchylky a nepřesnosti 28
3.3. Samotné měření 29
3.3.1. Přechodové úhly 29
3.3.2. Poloha těžiště 32
3.3.3. Úhel překlopení 34
3.3.4. Křížení náprav 37
4. Závěr 42
5. Zdroje 43
6. Přílohy 44

Seznam ilustrací

Obrázky

Obrázek 1: Vlevo přední, vpravo zadní tuhá náprava Nissan Patrol Y60. 14
Obrázek 2: Wattův přímovod 17
Obrázek 3: Relokace předních ramen na Nissan Patrol GR Y60 20
Obrázek 4: Žebřinový nosný rám s krycími ochrannými nátěry. 22
Obrázek 5: Konkrétní použité pružiny a tlumiče na vozidle od australské společnosti OME .23
Obrázek 6: Vlevo: Změna uložení panhardských tyčí. Vpravo: Montáž na vozidle. 23
Obrázek 7: Zesílená panhardská tyč. 24
Obrázek 8: Vlevo: Nové uložení pro tyč řízení na těhlici. Vpravo: Montáž na vozidle (v dolní části je vidět původní oko na čep tyče řízení). 24
Obrázek 9: Průběh měření. Vlevo: Sériové vozidlo na váhách při sklonu α. Uprostřed: Hardware vyhodnocující informace z váhových desek. Vpravo: Upravený automobil. 34
Obrázek 10: Zajištění vozidel při zkoušce úhlu překlopení. 35
Obrázek 11: Měření úhlu překlopení. Vlevo: Upravený vůz. Vpravo: Sériový vůz. 36
Obrázek 12: Průběh měření úhlů náprav vůči sobě při křížení. Vlevo: upravený. Vpravo: sériový. 38

Schémata

Schéma 1: Vyosení nápravy od podélné osy vozidla zapříčiněné zvýšeným podvozkem. Vlevo: původní provedení. Vpravo: zvýšený podvozek. 20
Schéma 2: Řešení vyosení nápravy pomocí prodlouženého uložení panhardské tyče. 20
Schéma 3: Změna uložení nápravy v ramenech pro změnu záklonu nápravy (černě – původní uložení, zeleně – při zvýšení podvozku, červeně – s upraveným uchycením náprav). 25
Schéma 4: Přechodové úhly sériového vozidla. 30
Schéma 5: Přechodové úhly upraveného vozidla. 31
Schéma 6: Znázornění naměřených hodnot [7]. 32
Schéma 7: Naměřené údaje při křížení náprav sériového vozidla. 39
Schéma 8: Naměřené údaje při křížení náprav upraveného vozidla. 40

Tabulky

Tabulka 1: Základní parametry vozidel. 28
Tabulka 2: Výsledné úhly. 31
Tabulka 3: Vstupní údaje pro výpočet těžiště. 33
Tabulka 4: Výstupní údaje polohy těžiště. 34
Tabulka 5: Úhly překlopení vozidel. 36
Tabulka 6: Úhly, které svírají nápravy vůči sobě. 41

Úvod

Nejedno odvětví lidské činnosti, ať již profesionální (výzkum v obtížně dostupných oblastech) či rekreační (turistické expedice, fotografování) vyžaduje specializované dopravní prostředky schopné na dané místo dopravit jak posádku, tak potřebný náklad a to v relativně krátkém čase. Jedním takovým dopravním prostředkem jsou osobní terénní automobily.

Specializace terénních automobilů pak odpovídají terénu, který je potřeba překonat (voda, jemný písek, bahno, ostré kamení, rychlé změny teplot atd.). Ve většině případů je pak potřeba (zvláště v našich klimatických podmínkách) připravit automobil maximálně univerzálně, aby byl schopen překonávat terén rozmanitý. Klíčová je samozřejmě spolehlivost vozu, jelikož technická chyba v mnohých extrémních podmínkách může způsobit fatální následky.

Práce se zabývá přestavbou sériového terénního automobilu za účelem vyšší efektivity právě v rozmanitém terénu. Možné úpravy a jejich dopad na vlastnosti vozu jsou nejprve diskutovány teoreticky v kontextu s obecnými konstrukcemi terénních vozů. Následně je část úprav konkretizována pro prodlouženou verzi vozu Nissan Patrol GR. Všechny úpravy jsou následně realizovány a veškerý postup přestavby je detailně dokumentován. Poslední část práce se zabývá měřením vlastností upraveného vozidla v laboratorních podmínkách. Výsledky jsou porovnány se sériovým vozem a demonstrují pozitivní dopad změn na vlastnosti vozu.

1. Konstrukce a vlastnosti terénních automobilů [1-4]

1.1. Účel

Terénní vozidla by se měla vyznačovat především svojí jednoduchostí, odolností, spolehlivostí, snadnou údržbou a průchodností terénem. Proto jejich koncept mnohdy působí zastarale, ale má to své opodstatnění. Nejčastější struktury stavby jsou rozvedeny v následující kapitole.

1.2. Podvozek

1.2.1. Nosné rámy

Nejčastěji se používají žebřinové (obdélníkové) rámy, které mají velkou pružnost a proto dobře absorbují namáhaní na krut a na ohyb, ke kterému v terénu dochází. Skládají se ze dvou podélníků, které mohou mít různé profily, kvůli zkrutným, ohybovým vlastnostem a nosnosti rámu. Profily jsou nejčastěji do tvarů I, C, U, nebo obdélníkového. Podélníky jsou spojeny příčníky tvarovanými podle vhodného uchycení dalších částí. Spojení podélníků s příčníky bývá často provedeno svarem, ale může také být provedeno šroubovým, nebo nýtovým spojem. Svařovaný spoj je sice výrobně levnější, ale spoj je tužší a může docházet k jeho praskání. Nosný rám tvoří základ vozidla, na němž je nainstalováno veškeré pohonné ústrojí. K rámu je shora připevněna karosérie a ze spodu je rám spojen s podvěsy.

Existují různé varianty tvaru nosných rámů:

Křížový

- tvar podélníků „X“
- větší tuhost
- málo používané

Obvodový

- podélníky ve střední části rozšířené podle tvaru podlahy karoserie
- často používané

Plošinový

- ve střední části rám tvoří současně podlahu z tvarovaného ocelového plechu
- dnes nahrazeno samonosnou karosérií

Příhradový

- prostorová konstrukce z trubek a plechu
- použito na autobusy a závodní automobily

Páteřový

- základní částí je střední páteřový nosník (roura), z kterého vychází kyvné nápravy
- vyvinutý společností Tatra koncept
- s rozvidleným koncem pro uložení motoru použito např. ve Škoda Spartak a Škoda Octavia
- vysoká pevnost v krutu

1.2.2. Pohonné ústrojí

U terénních automobilů se vyskytuje vesměs jen jeden koncept rozložení. Motor je uložen vpředu podélně na nosném rámu, je spojen se spojkou a dále převodovkou. Na převodovku je připojena přídavná převodovka, která slouží k rozdělení krouticího momentu na přední a zadní nápravu. Přes kloubovou hřídel je krouticí moment přiveden na rozvodovku (stálý převod) a diferenciál, který opět rozděluje krouticí moment, ale již na pravé a levé kolo.

Toto je základní koncept, ovšem rozdíl nastává často v přídavné převodovce. Má-li vozidlo stálý pohon všech kol, přídavná převodovka je vybavena mezinápravovým diferenciálem pro rozdělování krouticího momentu v potřebném poměru na kola přední a zadní nápravy. U jiné varianty má vozidlo stálý pohon jen zadní nápravy a k tomu se ručně, pomocí řadicí páky, připojí přední pohon. Ve chvíli připojení, přídavná převodovka funguje jako stálý převod (lze si představit jako uzamčený mezinápravový diferenciál) a rozděluje na obě nápravy krouticí moment v pevně daném převodovém poměru 50:50. Pokud má vozidlo první variantu (mezinápravový diferenciál), lze uzamčením docílit i jiných pevně daných převodových poměrů (např. 60:40, nebo i proměnlivých).

1.2.3. Uzávěrky nápravových diferenciálu

Slouží k uzamčení a uvedení diferenciálu mimo provoz, tzn., že diferenciál rozděluje krouticí moment stále v poměru 50:50 na pravou i levou stranu. Dojde-li ke ztrátě adheze jednoho kola, například dostane-li se na kluzký povrch, druhé kolo s lepšími adhezními podmínkami se díky uzavření diferenciálu nezastaví, ale stále zabírá.

Pevné

- Uzamčení pomocí čepu, zubové spojky, ruční brzdy (staré pracovní stroje).
- Ovládáno nejčastěji podtlakem získaným z vývěvy. U diferenciálu je membrána, kde je podtlak převeden na mechanickou energii a pohybuje s uzamykacím členem.

Samosvorné

Čím je větší rozdíl otáček mezi koly na stejné nápravě, tím více se diferenciál uzamyká.

- Mechanické – diferenciály s lamelovou spojkou (odstředivě ovládáno).
- Systém EDS – přibrzďuje protáčející se kolo, a tím umožní přenesení výkonu na kolo s lepší adhezí.

1.2.4. Převodová redukce

Slouží ke změně převodového poměru a tím získání jiných vlastností, charakteristiky momentu a přenosu sil na kola. U terénních vozidel je cílem dosáhnout velkých trakčních sil a není v terénu zapotřebí vysokých rychlostí. Použitím převodového poměru do pomala ($i > 1$) se rychlost u zařazeného stupně sníží a trakční síla se naopak zvýší.

Je několik možností a způsobů, kde převodový poměr změnit:

Přídavná převodovka

V přídavné převodovce je redukční převod, který zařazením změní převodový poměr u všech rychlostních stupňů.

Kolová

- Stálá redukce, nelze ji vyřadit.
- Slouží ke změně převodového poměru, hlavně ke zvýšení světlé výšky vozidla.
- Osa kol je s osou nápravy rovnoběžná, ale o redukční převod jsou od sebe odsazeny.

Rozvodovka

- Existují i redukční převodovky v rozvodovce s diferenciálem.
- Málo používané z důvodu vysokých výrobních nákladů a zbytečně komplikovaného řazení.

1.2.5. Nápravy

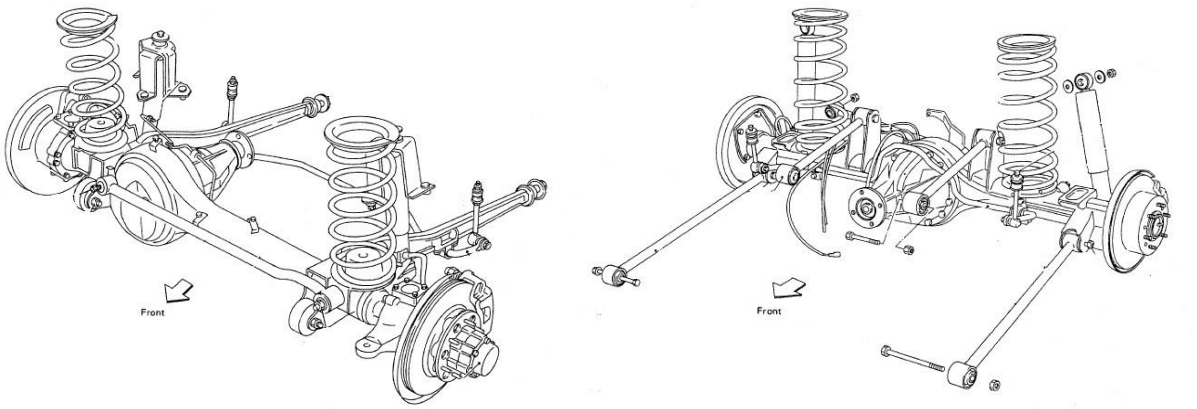
Nápravy se zpravidla využívají tuhé, protože se vyznačují především svojí jednoduchostí a odolností proti poškození. Kola jsou pevně spojena v jedné ose, tzv. mostem, ve kterém se nacházejí poloosy v olejové lázni a celá rozvodovka s diferenciálem (Obrázek 1).

Výhody

- Provedení je pevné a robustní,
- jednoduchá konstrukce,
- konstantní rozchod kol,
- pohyblivé části chráněny před poškozením,
- vše lépe mazáno,
- ubírá málo místa z vozidla,
- konstantní světlá výška.

Nevýhody

- Změna odklonu obou kol při propružení jednoho kola,
- vyosení nápravy vůči podélné ose vozidla při propružení,
- velká neodpružená hmota.



Obrázek 1: Vlevo přední, vpravo zadní tuhá náprava Nissan Patrol GR Y60. [6]

1.2.6. Zavěšení náprav

Jedná se o způsob spojení nápravy s nosným rámem. Musí však umožňovat pohyb nápravy vůči rámu. Tuhé nápravy jsou přichyceny pomocí podélných vzpěr, které současně zachycují suvné síly vyvolané při akceleraci, nebo brzděním. Konstrukčně se nejčastěji jedná o tyče, které jsou uloženy podélně a otočně na rámu a nápravě. Použity jsou buď dvě, nebo čtyři vzpěry. Na Obrázku 1 jsou vidět dvě vzpěry na přední nápravě a čtyři na zadní nápravě. V jednom z dalších způsobů uložení jsou vzpěry na nápravě uchyceny co nejdále od sebe a na nosném rámu co nejblíže. Proto se toto uložení nazývá trojúhelníkové a jeho výhodou je i dobré příčné vedení. Používá se u závodních automobilů. Do běžného provozu není vhodné kvůli horší stabilitě a většímu naklápění vozidla při průjezdu zatáčkou. Do dalších prvků zavěšení náprav spadá odpružení a příčné vedení nápravy.

1.2.7. Odpružení

Odpružení má za úkol společně s tlumením zachycovat nárazy od vozovky a měnit je v tlumené kmitání. Nejedná se pouze o to, aby jízda byla komfortní, ale především bezpečná z hlediska zajištění kontaktu kol s vozovkou při průjezdu zatáčkou a nerovností.

Vinuté pružiny

Vinutá pružina je tvořena drátem kruhového průřezu navinutého (za tepla, nebo studena podle velikosti průměru) do prostorové spirály válcového nebo jiného tvaru. U automobilů se jedná pouze o pružiny tlačné. Tuhost pružiny je dána průměrem drátu, průměrem pružiny, celkovou délkou pružiny a jejím stoupáním.

Výhody:

- Jednoduchá konstrukce,
- dlouhá životnost,
- malý potřebný prostor,
- malá hmotnost.

Nevýhody:

- Neschopnost vést nápravu,
- žádné samotlumící účinky,
- nedosahují takových nosností, vhodné jen pro osobní automobily.

Listové pružiny

Listové pružiny tvoří pružné listy naskládané na sebe tak, že tvoří parabolický průřez. Nejdelší list, tzv. hlavní, je na obou koncích uložen na nosném rámu. Na jednom konci otočně a na druhém (od směru jízdy dál) je uložen v závěsu, který umožňuje i podélný posuv. Na hlavním listu jsou pomocí spon sevřeny další listy pro větší tuhost a zamezení vybočení listu. Ve střední části je upínací deska s dvěma třmeny, pomocí které je uchycena náprava.

Výhody:

- Schopnost vést podélně nápravu,
- dosahují velkých nosností, využití u těžkých nákladních automobilů,
- třením mezi listy dochází k tlumícímu účinku,
- dlouhá životnost.

Nevýhody:

- Zajištění údržby pružiny. Mezi listy naneseno mazivo pro snížení tření mezi listy při pružení, kdy se listy při zatížení deformují a dochází k jejich vzájemnému posunu.

1.2.8. Příčné vedení náprav

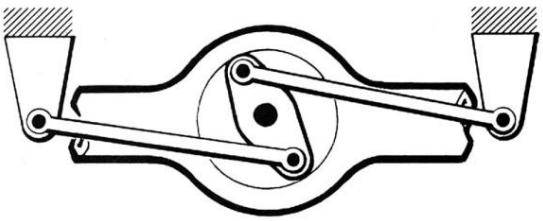
Jelikož tuhé nápravy s nosným rámem vozidla jsou spojeny pouze pomocí tlumičů a zavěšení, je zapotřebí zamezit jejich pohyb v příčném směru.

Panhardská tyč

- Jedním koncem je uložena otočně na nápravě, druhým otočně na nosném rámu vozidla.
- Má jednoduché provedení.
- Nevýhodou je velký boční výkmit nápravy při propružení; náprava se pohybuje po kružnici o poloměru délky panhardské tyče. Dochází tedy k nežádoucímu vodorovnému pohybu (Schéma 1).

Wattův přímovod

- Konce ramen jsou uchyceny na nosném rámu, na mostu nápravy je otočně středový segment (Obrázek 2).
- Při propružení se vzájemně kompenzují boční výkmity, pohyb nápravy je pouze svislý.



Obrázek 2: Wattův přímovod. [10]

Poznámky:

- V případě užití listových pružin, které samy o sobě vedou nápravu podélně i příčně, není již zapotřebí další příčné vzpěry.
- Pro trojúhelníkové zavěšení nápravy také není třeba příčného vedení. Ramena jsou totiž uložena pod úhlem (jako vzpěra) a sama zamezí vyosení nápravy vůči podélné ose automobilu.

1.2.9. Tlumení odpružení

Jedná se o prvek, který je schopen tlumit kmitání samotných pružin a klade odpor proti prudkým pohybům nápravy. Díky tlumení kmitů nedochází k rozkmitání celého vozu a tedy ke ztrátě kontroly řízení.

Pro běžné užití se nejčastěji používají tlumiče kapalinové. Konstrukčně se jedná o uzavřený válec s pístem, který je naplněn olejem. Píst má v sobě malé propustné ventily, které brání rychlému průtoku oleje při posunu pístu. Tím se tvoří odporová síla, která tlumí kmity. Kapalinové tlumiče se vyznačují měkčím průběhem tlumení.

Pro sportovní účely jsou vhodnější tužší plyno-kapalinové tlumiče. U tlumení kapalinových tlumičů dochází k nežádoucímu pěnění oleje. Připojením plynové nádobky, která je přetlakem naplněna dusíkem lze zpěňování oleje potlačit a nedochází tak velkým změnám ve viskozitě a stlačitelnosti.

Tlumiče mohou mít válec, nebo pístnici uzpůsobenou tak, že síla tlumení je proměnná na dráze pístnice a dochází tak k progresivnímu tlumení.

2. Úprava podvozku terénního automobilu za účelem zvýšení průjezdnosti terénem

2.1. Vybraný automobil

Pro svoji práci jsem zvolil terénní automobil Nissan Patrol GR Y60 s dieselovým motorem o obsahu 2,8 litru a přeplňováním za pomocí turbodmychadla. Automobil má stálý pohon zadní nápravy. V přídavné převodovce lze pomocí řadicí páky přiřadit přední pohon. Z toho vyplývá, že automobil nemá mezinápravový diferenciál. Nápravy jsou obě tuhé odpružené vinutými pružinami a příčně vedené pomocí panhardských tyčí (Příloha 16).

2.2. Návrh a předpokládané dosažené výsledky

2.2.1. Návrhy

Základ a smysl celé úpravy spočívá ve zvýšení podvozku za účelem větší průchodnosti terénem. Cílem je získat větší nájezdové a přejezdové úhly, zvýšit světlou výšku a brodivost automobilu při zachování správné geometrie podvozku, stability a jízdních vlastností na silnici. K tomu je zapotřebí učinit několik dalších opatření.

Zvýšení podvozku

Nabízí se hned několik variant jak docílit zvýšení automobilu. Každá varianta má své klady a zápory.

Většími koly lze získat přírůstek k světlé výšce vozidla. Ovšem při jízdě v terénu je nebezpečí, že při vykřížení náprav nemají větší kola dostatečný prostor v nadkolí a dojde tak k poškození pneumatiky a karosérie. Je tedy zapotřebí vzdálit karoserii od náprav s koly.

Karoserie s nosným rámem je spojena pomocí silentbloků. Silentbloky lze vyměnit za vyšší a tak oddálit karoserii od nosného rámu s nápravami a koly. V tomto případě dochází k dalším komplikacím, jako jsou krátká volantová tyč, změna polohy řadicích pák, a může dojít k nedostatečně dlouhým hadicím nebo kabelům. Sice je to finančně nenáročná úprava, ale automobil získá jen větší brodivost, žádné další změny nejsou a vlastnosti zůstávají původní.

Jiná, taktéž snadná a levná úprava, spočívá v přesazení uložení pružin a tlumičů níže a tím ke zvednutí polohy nejen karoserie, ale i nosného rámu. Pod pružiny se vloží polyuretanová podložka a uložení tlumičů se sníží o stejnou výšku, jako je síla podložky.

U vozidla se nejen zvýší brodivost, ale i přechodové úhly. Ovšem stále se nezmění funkčnost podvozku, chod tlumičů a délka pružin s jejich nosností.

Poslední varianta je náročnější a dražší, ovšem změní celou funkčnost podvozku a získají se tím nové schopnosti. Za originální pružiny a tlumiče se nainstalují jiné. Pružiny se volí delší, tužší, které mohou mít i progresivní charakteristiku stlačování. Tlumiče s delším možným chodem pístnice docílí větší celkové délky při maximálním vysunutím, což umožní nápravu více vyvěsit. Tlumiče mohou být například dvakrát teleskopické nebo s regulátorem průtoku kapaliny a silou tlumení. V této variantě je automobil vyšší, splňuje výhody i předchozích variant, navíc získává větší nosnost. Ale hlavní výhodou oproti originálu je, že dráha stlačení pružin se o mnoho zvětší, nápravy se vůči sobě mohou více natočit a při průjezdu terénem má schopnost více kopírovat terén a neztrácet s ním adhezi.

Instalací delších pružin a tlumičů dojde i k nežádoucím účinkům. Za nevýhody lze považovat vyosení náprav z podélné osy vozidla zapříčiněné panhardskými tyčemi (příčného vedení náprav). Na druhé nápravě je panhardská tyč uložena naopak, takže efekt je dvojnásobný a vozidlo se stane „čtyřstopým“ (Schéma 1). Tím dochází i k nesouososti horního a dolního uložení pružin. Další problém nastává ve změně záklonu náprav. Záklonem se změní sbíhavost a úhel rejdových čepů vůči vozovce. Hůře se také v rozvodovkách maže centrální kolo stálého převodu.

Řešení nežádoucích změn

Vyosení náprav od podélné osy vozidla lze vyřešit prodloužením panhardských tyčí, nebo prodloužením jejich uchycení. První varianta vyřeší pouze vycentrování nápravy k ose vozidla, ne však velký výkmit nápravy do stran při propružení. Druhá varianta vyřeší i výkmit. Díky delšímu uložení tyč zaujme vodorovnou polohu a při propružení tedy nedochází k tak velkému výkmitu do stran (Schéma 1 a 2). Na prodloužené uložení působí i větší silové účinky vůči nosnému rámu (síly od příčného vedení působí na delším rameni). Ovšem tyto příčné síly (od panhardských tyčí) nedosahují tak velkých hodnot, aby došlo k porušení prodlouženého uložení. Pro zajištění pevnosti lze vytvořit jednoduchá vzpěra (znázorněná na Schématu 2). U přední nápravy je nutné zachovat úhel mezi panhardskou tyčí a tyčí řízení, aby tlumič řízení pracoval správně. Uchycení panhardské tyče se tedy prodloužením sníží a tyč řízení je konstrukčně vhodné přesadit výše na těhlici kola.

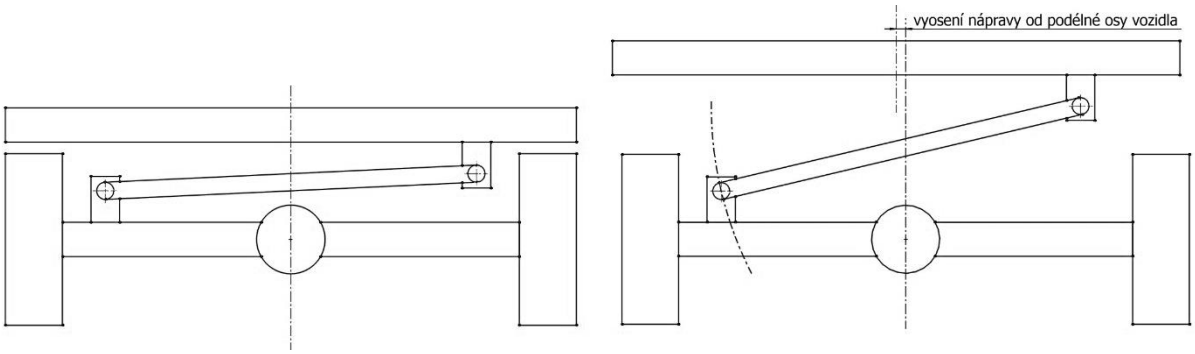


Schéma 1: Vyosení nápravy od podélné osy vozidla zapříčiněné zvýšeným podvozkem. Vlevo: původní provedení. Vpravo: zvýšený podvozek.

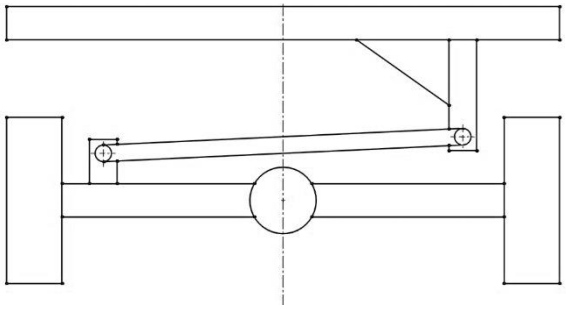


Schéma 2: Řešení vyosení nápravy pomocí prodlouženého uložení panhardské tyče.

Záklon náprav je důležité zachovat především u přední rejdové nápravy.

- Úprava uložení podélných vzpěr na nápravě - vyřeší záklon, ne však nesouosost horního a dolního uložení pružin (Příloha 4). Stejného účinku lze dosáhnout použitím excentrických silentbloků v uložení náprav do podélných vzpěr.
- Použití relokací (Obrázek 3), vložených mezi nosný rám a příčku, která nese převodové ústrojí, se sníží a současně posune uložení ramen vpřed (na původní polohu). Zaujmou-li ramena původní polohu, vyřeší se nesouosost horního a dolním uložení pružin. I kloubová hřídel není tak namáhána jako u předchozí varianty (posunutí nápravy vpřed není takové, aby bylo zapotřebí vložit pod kloubovou hřídel distanční podložku).

Obrázek 3: Relokace předních ramen na Nissan Patrol GR Y60. [8]

- Další variantou je použití na zakázku vyrobených prodloužených ramen. Vlastnosti mají obdobné jako při použití relokací, avšak nesnižují výšku podvozku za přední nápravou jako u relokací. Konstrukce je celistvější a ramena jsou stále uložena v původním uložení na nosném rámu, které bylo k tomu účelu dimenzováno.

Dále se musí dát pozor na prodloužení brzdových hadic, odvzdušnění náprav a použití správně prodloužené pružiny na zatěžovacím regulátoru brzd, který při větším zatížení otevírá propustnost brzdové kapaliny na zadní kola. Naopak při prázdném vozidle dochází v regulátoru k uzavření průtoku brzdové kapaliny, aby nedošlo k zablokování zadních kol a k následné ztrátě kontroly nad vozidlem.

2.2.2. Očekáváné výsledky

Vozidlo bylo přestavováno od úplného základu a vybrané úpravy, vedoucí ke správné funkčnosti podvozku a spolehlivosti, byly již dříve vyzkoušeny jednotlivě na jiných vozidlech. Zvýšením podvozku by se mělo docílit větších nájezdových a přejezdových úhlů, větších možností vykřížení náprav vůči sobě a tím lepší schopnosti kopírovat terén. Zvýšení nosnosti a výšky podvozku použitými pružinami, bude mít negativní dopad na záklon či vyosení nápravy od podélné osy vozidla a tím způsobí vyšší zatížení silentbloků, křížových kloubů a rozvodovek s diferenciály. Tyto dopady budou řešeny v následující kapitole 2.3.1. Realizace a aplikované úpravy jednou z diskutovaných variant z kapitoly 2.2.1. Návrhy.

2.3. Realizace a aplikované úpravy

2.3.1. Příprava

Vzhledem ke špatnému stavu původního nosného rámu byl k přestavbě vozidla použit nový rám. Přestože byl nosný rám nový, byl z důvodu zvýšení odolnosti proti korozi otryskán a překryt povrchovou metalizační úpravou, která spočívala v nanesení zinku na povrch rámu. Poté byl nosný rám překryt krycím dvousložkovým polyuretanovým nátěrem (Obrázek 4).

Obrázek 4: Žebřinový nosný rám s krycími ochrannými nátěry.

2.3.2. Demontáž a odstrojení původního rámu

V první řadě bylo zapotřebí odstrojit celý interiér a tím zpřístupnit spojení karoserie a nosného rámu, tzn. odpojit veškeré elektrické obvody, táhla apod. Následně byly vypuštěny veškeré provozní kapaliny, kompletně odstrojen motor a chladicí systém, odpojena tyč řízení, sejmuty díly karoserie, vše pro ulehčení další práce.

Po povolení deseti silentbloků uchycujících celou karosérii, byla karoserie sejmuta. V následujícím kroku bylo provedeno odstrojení nosného rámu spolu s pohonnou jednotkou, převodovým ústrojím, kloubovou hřídelí a přední a zadní nápravou uchycenou k rámu pomocí systému ramen, tlumičů, panhardských tyčí a tyčí řízení. Fotografie z demontáže (Přílohy 1- 3).

2.3.3. Úpravy, ošetření

Před zpětnou montáží byly realizovány následující úpravy:

Zvýšení podvozku

Byly zvoleny delší sportovní pružiny s kapalinovými tlumiči, jakožto nejúčinnější způsob zvýšení podvozku, od australské společnosti Old Man Emu, která je pro svou dlouholetou tradici a testování svých výrobků v extrémních podmínkách vysoce oceňovaným výrobcem po celém světě (Obrázek 5). Sada je přizpůsobena přímo pro typ vozidla Nissan Patrol GR a je určena pro expediční cesty, tzn. je dimenzována pro větší nosnost (ideální podmínky jsou provozní hmotnost vozidla + 200 kg další zátěže jako např. pevnostní nárazníky s navijáky, konstrukce pro úložný prostor na střeše apod.). Po splnění těchto podmínek se vozidlo zvýší o 10 cm.

Obrázek 5: Konkrétní použité pružiny a tlumiče na vozidle od australské společnosti Old Man Emu. [9]

Panhardské tyče

K zamezení velkého bočního výkmitu nápravy při propružení, bylo prodlouženo uchycení panhardských tyčí na nosném rámu o stejnou hodnotu, jako byl zvýšen podvozek (Obrázek 6, Schéma 2). Bylo nutno zachovat uložení tyče v ose kolmé k zemi od původního uchycení. Kvůli případným úpravám byl prodloužený držák pouze přišroubován v původním místě na dvou místech. Spojení je v podélném směru vozidla (na pravém obrázku 6 nový šroub) a v příčném směru, aby nedocházelo k uvolňování a vzniku vůlí. V příčném směru je důležité, aby šroubový spoj byl dostatečně pevný, protože dochází k poměrně velkému namáhání v tahu. Teprve po zkoušce správnosti geometrie byly spoje svařeny, aby při velké síle, resp. velkém momentu, který na uložení působí (kvůli velkému rameni) nedošlo k destrukci.

Obrázek 6:Vlevo: Nástavce pro změnu uložení panhardských tyčí. Vpravo: Montáž na vozidle.

Zadní panhardská tyč svým umístěním za nápravou není příliš chráněna a může dojít v terénu k poškození, je proto vyztužena plechem o profilu „U“ pro zvětšení vzpěru a ohybové pevnosti (Obrázek 7).

Obrázek 7: Zesílená panhardská tyč.

Tyč řízení

Vpředu kromě panhardské tyče je mezi rámem a nápravou tyč řízení, která je spojena pomocí čepu u rámu s převodkou řízení a druhý konec s těhlicí pravého kola. Jelikož bylo sníženo uložení panhardské tyče, bylo nutno snížit i tyč řízení, aby byly stále v rovnoběžné poloze a nekřížily se. Jedná se o řízení a zde se klade velký důraz na zachování geometrie a původních poměrů, jinak by nepracoval správně ani tlumič řízení. U převodky řízení by se velmi těžko upravovala její páka. Jsou proto vynalezeny přípravky na přesazení tyče řízení na těhlici. Z původního oka byl vyjmut čep a na horní část těhlice se upevnila nová páka. Čep byl vsazen do oka nové páky (Obrázek 8).

Spojení bylo provedeno pomocí čtyř šroubů pravidelně rozmístěných, takže síla, resp. moment sil se rozloží na čtyři stejné složky. Výsledné momenty na každý šroub jsou tedy čtvrtinové a nehrozí zde, díky vybrání a těsnému vsazení nové páky na těhlici, případné ustřihnutí šroubů.

Obrázek 8: Vlevo: Nové uložení pro tyč řízení na těhlici. Vpravo: Montáž na vozidle (v dolní části je vidět původní oko na čep tyče řízení).

Záklon přední nápravy

Aby se zachoval původní záklon nápravy, který má vliv na sbíhavost a mazání stálého převodu v rozvodovce, byl zvolen finančně výhodný způsob úpravy. Ten však není dokonalý, protože nevyřešil všechny nechtěné jevy. Ideálně by se musela nainstalovat prodloužená přední ramena, aby došlo k zachování souososti horního a dolního uložení pružiny. Ovšem pro jízdu po silnici je vliv této úpravy téměř zanedbatelný a v těžkém terénu se stejně uchycení vyklání díky panhardským tyčím při propružení. Proto prodloužená ramena nejsou nijak nutná. Vinutá pružina všechny tyto nedokonalosti v chování ostatních dílů dokáže svojí konstrukcí a velkou poddajností do všech směrů, oproti např. listovým pružinám, absorbovat.

Navařením nového uchycení ramen na nápravě byl zajištěn správný záklon, a s tím spojené další geometrické údaje – např. sbíhavost. Rozvodovka s diferenciálem se dostatečně maže, protože pastorek se pootočením nápravy vrátí do původní (nižší) polohy. Dojde však k nechtěnému zvětšení úhlu zalomení křížových kloubů na kloubové hřídeli, z čehož vychází jejich větší opotřebení a nepravidelnější chod. Touto úpravou se nepatrně zmenší rozvor vozidla, který ale nemění žádnou vlastnost vozidla (Schéma 3). Ukázka úpravy uchycení viz příloha 4.

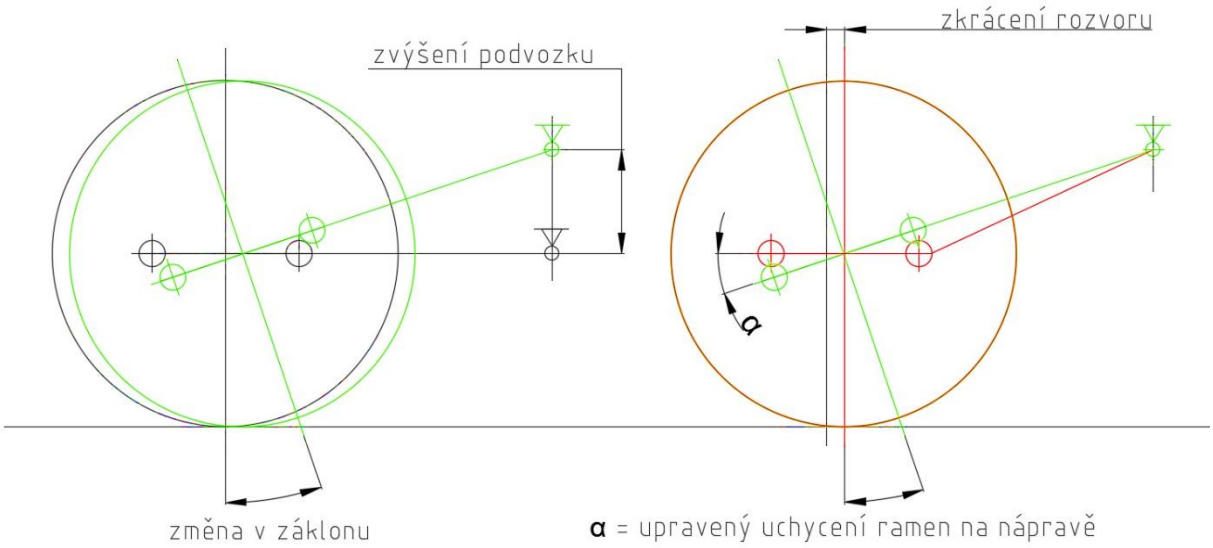


Schéma 3: Změna uložení nápravy v ramenech pro změnu záklonu nápravy (černě – původní uložení, zeleně – při zvýšení podvozku, červeně – s upraveným uchycením náprav).

Další úpravy

- **Vyztužená náprava** – Při velmi hrubém zacházení s vozidlem, přesněji při velkých rázech na přední nápravu od vozovky či terénu, může dojít k ohnutí přední nápravy. Jelikož se jedná o hnací tuhou nápravu rejdovou, tak v místě tzv. rejdových koulí, kde náprava je zeslabená, může dojít k ohybu. Následkem je rychlé opotřebení gufera, které se nachází v tomto zeslabeném místě, „krčku“. Toto opotřebení vede k pronikání olejové lázně nápravy do prostoru homokinetického kloubu. Ten je mazán vazelínou vysoké viskozity a tak dochází k ředění maziva a nedostatečnému mazacímu efektu v homokinetickém kloubu. Vzhledem k výše uvedeným problémům byla náprava ve svislém směru dostatečně zesílena, aby na ohyb byla odolnější (Příloha 6).
- **Polyuretanové silentbloky** – původní silentbloky na zavěšení náprav byly lisované. Nově byly použity polyuretanové, které se skládají ze dvou částí a vnitřního ocelového pouzdra. Nejsou tedy nijak lisované a v případě potřeby je lze snadno vyměnit (Příloha 8).
- **Krytí uzávěry diferenciálu** – Vozidlo má 100 % uzávěru zadního diferenciálu, která je řízena podtlakem. U diferenciálu se nachází membrána, jež pomocí podtlaku ovládá ozubený věnec, který diferenciál uzamyká (princip zubové spojky). Protože v terénu je náprava velmi namáhaná a mohlo by dojít snadno k poškození membrány nebo snímače, byla okolo vytvořena klec, která membránu chrání (Příloha 9).
- **Zvýšené sání** – Pro případ brodění ve vodě, bylo vozidlo vybaveno zvýšeným sáním. Princip spočívá pouze v utěsnění boxu pro filtr sání a vyvedením jeho vstupu na nejvyšší místo na vozidle. Všechny odvzdušňovací kanálky (od obou náprav, převodovky, přídavné převodovky) byly svedeny do jedné silnější hadice a ta byla též vyvedena na vyvýšené místo, aby nemohlo dojít k nasátí vody do těchto částí. Odvzdušňovací kanálky slouží k vyrovnávání tlaku, aby při zahřívání nedocházelo ke zvyšování tlaků v nápravách a převodovkách. Při vjetí do vody se tyto části prudce ochladí a mohlo by dojít naopak k nasátí vody.
- **Brzdové hadice** – Nesmí se zapomenout na zachování poměru výšky podvozku ku délce brzdových hadic mezi nosným rámem a nápravou. Bylo sníženo uchycení hadic, aby v terénu nedocházelo k jejich porušení nebo vytržení.
- **Zesílená karoserie** – Jedná se o prodlouženou verzi Nissan Patrol. Svojí délkou, a především délkou rozvoru, je kritickým místem jeho přejezdový úhel. Při překonávání příliš ostré překážky může dojít k uvíznutí vozidla na prazích: V tom okamžiku lpí velká

část hmotnosti vozidla na relativně malé ploše přibližně v polovině rozvoru. Proto byl odstraněn starý profilovaný plech, jenž tvořil práh a byl nahrazen silnostěnným jeklem o rozměrech 60x100 mm, který dle zkušenosti takové zatížení vydrží a současně neomezuje příliš poddajnost karoserie (Příloha 5).

- **Tlumič řízení** – K vyšším podvozkům se využívají větší kola, čímž se navýší všechny síly působící na náboje a těhlice. Tyto síly a jejich kmitání se mohou přenášet dále do tyče řízení. Proto byl namontován silnější a tužší tlumič řízení, který dokáže tlumit i větší rázy od terénu (např. velkých kamenů).

2.3.4. Montáž

S touto přípravou a realizovanými úpravami bylo vozidlo připraveno na zpětnou montáž. Nejprve byly na nosný rám nastrojeny nápravy s rameny s novými silentbloky. Byly vsazeny vinuté pružiny do jejich misek a přimontovány tlumiče, které mají uložení vpředu čep-čep a vzadu, kvůli jejich uložení pod větším úhlem, oko-oko. Na nové silentbloky byla zasazena pohonná jednotka a k ní převodovka, přídavná převodovka s novou spojkovou sadou. Namontovány byly kloubové hřídele, nádrž a následně byly zapojeny palivové, brzdové, podtlakové a odvzdušňovací trubky a hadice. Celý nosný rám byl ošetřen konzervačním voskem. Poté byl celý podvozek zkompletován a připraven na nasazení karoserie. Pomocí jeřábu byla nasazena připravená karoserie na silentbloky, přes které byla karoserie s nosným rámem spojena šroubovými spoji. Byly rozmístěny a zapojeny veškeré elektrické rozvody po vozidle. Poté byl připojen kompletně motor, včetně palivových, brzdových a spojkových trubek. Nainstalován byl chladič, sahara s vrtulí a zapojeny veškeré elektrické obvody. Byly naplněny provozní kapaliny a jejich systémy odvzdušněny. Vozidlo v této chvíli bylo již pojízdné. Karoserie byla dosud v částečně demontovaném stavu - k dokončení kompletace stačilo nasadit všechny plechové díly, dveře a nastrojit celý interiér. Průběh montáže je zobrazen v příloze 10-15.

3. Porovnání parametrů se sériovým automobilem

3.1. Účel

Po realizaci všech úprav bylo zapotřebí analyzovat parametry rekonstruovaného a sériového vozidla. Hlavní změny, které upravené vozidlo mělo získat, byly větší nájezdové a přejezdové úhly, výška brodivosti, větší schopnost křížit nápravy vůči sobě a tím zamezit v terénu ztrátě kontaktu kol s terénem. Pro měření a porovnání s upraveným automobilem byl vypůjčen totožný typ automobilu v sériovém provedení. Vozidla mají shodné základní parametry, jako typ karoserie, motorizace a velikost pneumatik (Tabulka 1). Provedením měření na obou automobilech a porovnáním mezi sebou se získaly konkrétní hodnoty, o které se výše zmíněné parametry liší. Základní rozdíl automobilů viz příloha 17.

3.2. Postup měření

3.2.1. Vstupní údaje vozidel

Tabulka 1: Základní parametry vozidel.

Základní parametry vozidel		
	sériový vůz	upravený vůz
model/typ	Nissan Patrol GR Y60	
motor	2,8 TD	
karoserie	wagon	
rok výroby	1992	1997
rozvor	297,5 cm	293,5 cm
rozchod přední nápravy	158 cm	164 cm
rozchod zadní nápravy	160	166
přibližný objem paliva v nádrži	1/3	1/2
pneumatiky	Kumho	Matador
	31x10,5R15 LT	
disky	J15x7JJ 93S	

3.2.2. Podmínky, odchylky a nepřesnosti

Před samotným měřením je zapotřebí si uvědomit jisté podmínky, za kterých je měření prováděno. Ačkoliv se jedná o porovnání dvou stejných automobilů, rozdíly ve vybavení, objemu provozních kapalin a nádrže s pohonnými hmotami jsou nezanedbatelné.

Při postavení vozidel na váhové desky je zjištěn rozdíl v hmotnostech. Hmotnost sériového vozidla je větší o 100 kg, které jsou nerovnoměrně rozloženy na kolech oproti druhému, lehčímu upravenému vozidlu. Další důležitý fakt je, že nové pružiny a tlumiče u upraveného vozu jsou stanoveny na provozní hmotnost automobilu a navíc dalších alespoň 200 kg expediční

výbavy, která na vozidle chybí. Pružiny nejsou tak poddajné. U sériového vozidla se musí brát zřetel na to, že pružiny již mohou být opotřebené s jinou charakteristikou, než měly původní pružiny a s jeho o 100 kg větší hmotností je bude mít naopak velmi poddajné.

Další odchylky snadno způsobí kola a jejich reálné rozměry, opotřebování běhounu, rozdílný tlak atd. Obě vozidla mají sice podle výrobce stejný rozměr, ale opotřebováním a tlakem jsou jejich poloměry rozdílné. Disky jsou stejné, se stejnou šířkou a ET číslem. Odlišný je ale rozchod kol, který je u upraveného vozidla o 6 cm větší, jelikož jsou pod kola přidány distanční podložky. Zvětšení rozchodu způsobí lepší stabilitu vozidla při náklonech a kola získají při vykřížení nápravy více místa v nadkolí.

3.3. Samotné měření

3.3.1. Přechodové úhly

Základní parametry, které se se zvýšeným podvozkem změní, jsou nájezdové úhly a přejezdový úhel. Tyto úhly velmi omezují vozidlo v terénu a brání překonání strmých zlomů nebo ostrých přechodů. Prvním měřením se získá rozdíl přechodových úhlů vůči sériovému vozidlu.

Jeden ze způsobů jak tyto hodnoty naměřit, je přiložit neohebný prut tečně ke kolu a prvnímu bodu (hraně) na nárazníku. K tomuto bodu (hraně) se vztyčí kolmice od země a změří se vzdálenost kolmice a tečny od země k bodu (hraně) na nárazníku. Získají se tímto dva rozměry pravoúhlého trojúhelníku a přes sinovou a kosinovou větu se snadno dopočítají úhly (Schéma 4 a 5).

Přejezdové úhly se počítají jako dvojnásobek úhlu, který v průmětu do svislé roviny v podélné ose vozidla svírá zem a tečna vedená ke kolu a procházející nejnižším bodem na podvozku, který je umístěn přesně ve středu mezi osami kol.

Sériový vůz

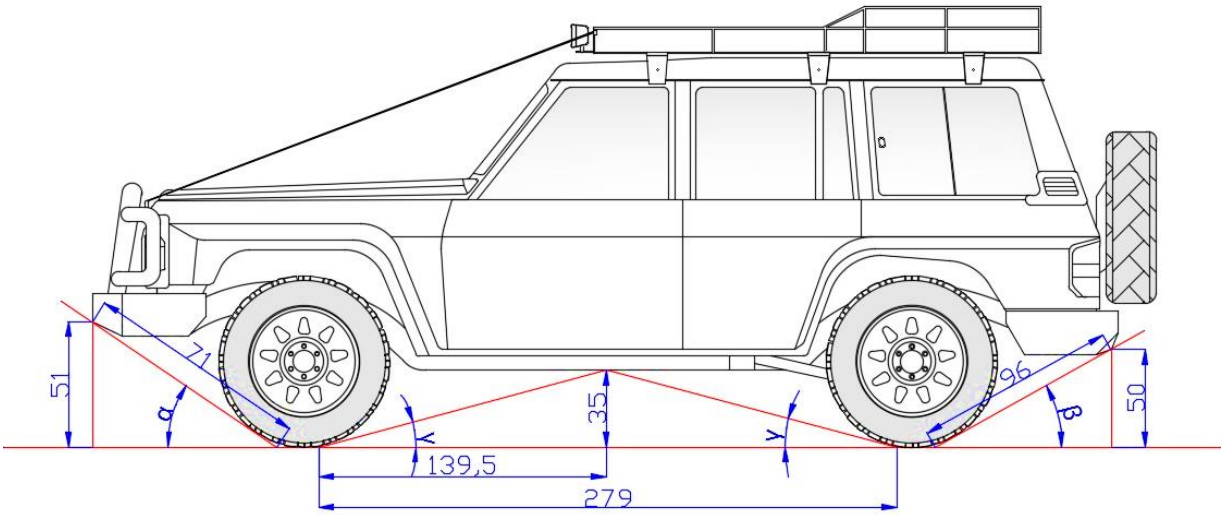


Schéma 4: Přechodové úhly sériového vozidla.

- Přední nájezdový úhel

$$sin\alpha = \frac{51}{71} => \alpha = 46°$$

- Zadní nájezdový úhel

$$sin\beta = \frac{50}{96} => \beta = 31°$$

- Přejezdový úhel

$$tan\gamma = 2 * \frac{35}{139{,}5} => \gamma = 28°$$

Pro kontrolu správného měření lze vzít originální technické údaje od výrobce a hodnoty porovnat (Příloha 19, [5]). Od výrobce se shoduje přejezdový úhel, který také činí 28°, ale přední a zadní nájezdový úhel dokonce výrobce udává menší o 4° vpředu a 2° vzadu.

Upravený vůz

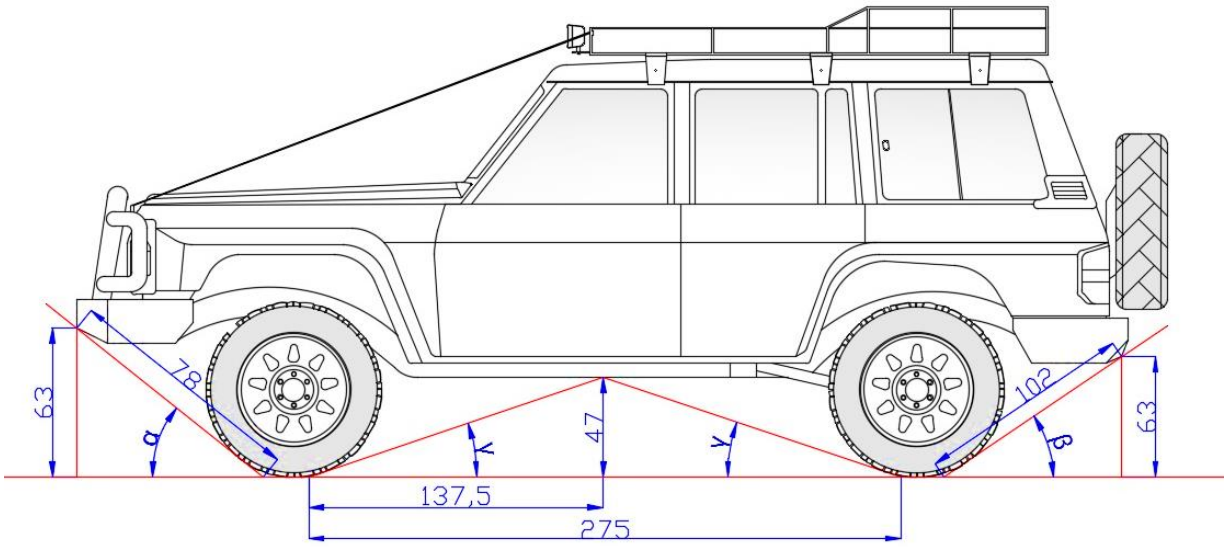


Schéma 5: Přechodové úhly upraveného vozidla.

- Přední nájezdový úhel

$$sin\alpha = \frac{63}{78} => \alpha = 54°$$

- Zadní nájezdový úhel

$$sin\beta = \frac{63}{102} => \beta = 38°$$

- Přejezdový úhel

$$tan\gamma = 2 * \frac{47}{137,5} => \gamma = 38°$$

Porovnání

Tabulka 2: Výsledné úhly.

Výsledné úhly				
	značení	sériový	upravený	rozdíl
přední nájezdový úhel	α	46°	54°	8°
zadní nájezdový úhel	β	31°	38°	7°
přejezdový úhel	γ	28°	38°	10°

V tabulce 2 lze vidět, že se úhly od sériového vozidla velmi změnily, ačkoliv u něj byly naměřeny o něco větší hodnoty, než udává výrobce. Je třeba podotknout, že na upraveném vozidle je upravený pouze podvozek. Výsledky by tedy neměly zkreslovat například jiné nárazníky a větší kola, která jsou pro tuto úpravu vhodná - pak by úhly byly ještě mnohem větší.

Z měření vychází i přesný rozdíl výšky nosného rámu od země u sériového a upraveného vozidla. Odečtením hodnot naměřených kolmo k zemi vychází, že upravený vůz je o 12 cm vyšší.

3.3.2. Poloha těžiště

Zvýšením podvozku se těžiště vozidla posune o určitou hodnotu výše, ale ne o stejný rozměr, o jaký je vozidlo vyšší. Zvýšením podvozku se zvýšila karosérie, nosný rám a celá pohonná jednotka, ale tuhé nápravy, které tvoří velký hmotnostní podíl, zůstávají beze změny polohy. Výsledná výška těžiště se bude pohybovat v intervalu mezi původní výškou a výškou upraveného vozidla.

Pro změření polohy bylo využito programu, který na toto byl vyvinut panem Bc. Michalem Vernerem a popsán v jeho diplomové práci [7]. Pro co nejvyšší přesnost jsou do výpočtu těžiště zahrnuty i statické poloměry kol a poloměry kol při náklonu.

Nejprve se změří několik údajů, jako jsou například rozchody kol na obou nápravách, poloměry kol atd. Všechny údaje jsou vypsány v následující tabulce 3. Vozidlo se umístí na váhové desky a zváží se jak hmotnost samotného vozidla, tak hmotnosti připadající na jednotlivá kola (Obrázek 9). Pro správný výpočet souřadnice těžiště ve směru osy X je zapotřebí pomocí zdviže vozidlo vyzdvihnout na nosnou podestu, která má definovanou výšku. Na podestě se opět změří statické poloměry kol a zváží se hmotnosti připadající na jednotlivá kola.

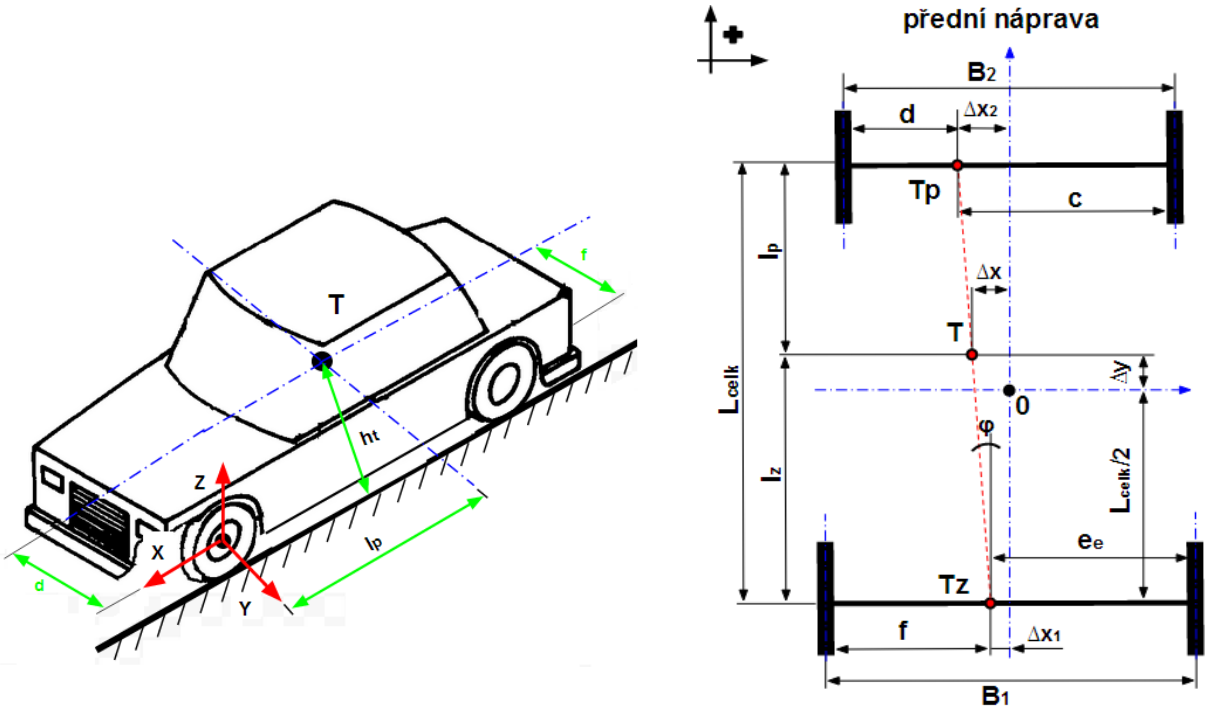


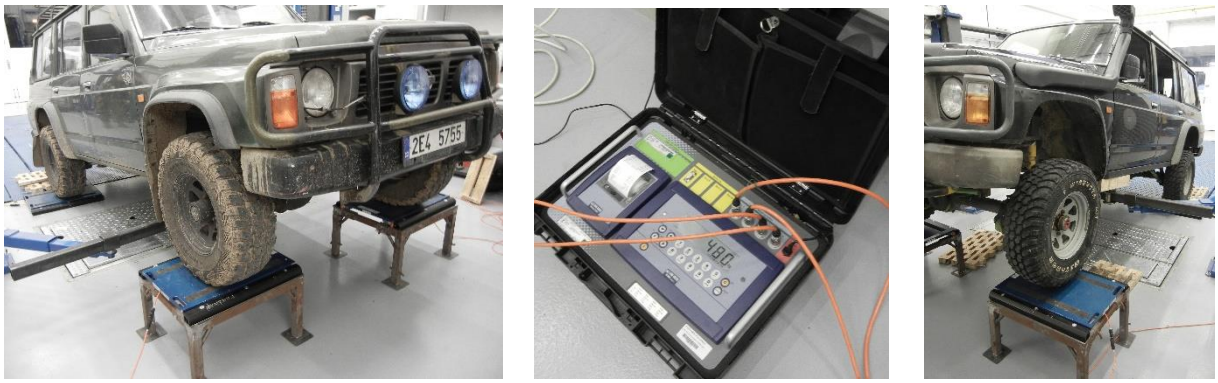
Schéma 6: Znázornění naměřených hodnot [7].

V tomto měření by se umístění těžiště v ose X a ose Y nemělo příliš lišit. Pouze nerovnoměrně umístěný náklad a objem pohonných hmot tyto údaje pozmění. Výsledkem měření je především změna výšky těžiště, tj. hlavní údaj, který se po úpravě vozidla pozmění a je v terénu znatelný.

Tabulka 3: Vstupní údaje pro výpočet těžiště.

Vstupní údaje pro výpočet těžiště				
název	**hodnota**		**jedn.**	**legenda**
	sériový	**upravený**		
Změřeno				
B_1	1,600	1,660	m	rozchod kol zadní nápravy
B_2	1,580	1,640	m	rozchod kol přední nápravy
L	2,975	2,935	m	rozvor kol
r_{SZ}	0,361	0,372	m	statický poloměr kol zadní nápravy pod úhlem α
r_{SP}	0,363	0,371	m	statický poloměr kol přední nápravy pod úhlem α
h	0,400		m	výška nosné podesty
r_{ST}	0,3628	0,3685	m	statický poloměr kol
g	9,807		$m*s^{-2}$	tíhové zrychlení
Zváženo				
m	2190	2090	m	hmotnost vozidla
hmotnosti připadající na jednotlivá kola ve vodorovném stavu vozidla				
pravé zadní	534	488	kg	
pravé přední	564	560	kg	
levé zadní	548	504	kg	
levé přední	546	542	kg	
hmotnosti připadající na jednotlivá kola při zvednutí přední nápravy na podestu o úhel α				
pravé zadní	554	510	kg	
pravé přední	544	536	kg	
levé zadní	568	524	kg	
levé přední	526	524	kg	

Odchylka nastává v celkové hmotnosti vozidel, kde u sériového provedení je hmotnost o 100 kg větší. To bude ve výstupním údaji o výšce těžiště hrát malou roli. Je vidět, že i hmotnosti připadající na jednotlivá kola se liší a může to být způsobeno výše uvedenými příklady.



Obrázek 9: Průběh měření. Vlevo: Sériové vozidlo na váhách při sklonu α. Uprostřed: Hardware vyhodnocující informace z váhových desek. Vpravo: Upravený automobil.

Po zadání změřených údajů do výpočtu byly získány údaje uvedené v následující tabulce 4. Údaje jsou lépe představitelné podle schématu 6.

Tabulka 4: Výstupní údaje polohy těžiště.

Výstupní údaje					
název	**hodnota**			**jednotka**	**legenda**
	původní	**upravený**	**Δ**		
l_p	1,468	1,390	0,078	m	vzdálenost těžiště od přední nápravy
Δx	0,001373	-0,000855	0,002	m	vzdálenost těžiště od podélné osy vozidla
Δy	0,019	0,077	-0,058	m	vzdálenost těžiště od příčné osy vozidla
h_{T0}	0,402	0,427	**-0,025**	m	výška těžiště od podložky
h_T	0,765	0,795	-0,030	m	výška těžiště od středu kol ($h_T=h_{T0}-r_{ST}$)

Porovnání

Výška těžiště od podložky se u upraveného vozidla zvýšila o 2,5 cm. Lze tedy říci, že i když podvozek je vyšší o přibližně 12 cm, těžiště není příliš pozměněno a v reálném terénu nebude rozdíl patrný. Výsledek je vyhovující, protože vysoké těžiště není žádoucí. Je naopak snaha výšku těžiště držet co nejníže.

3.3.3. Úhel překlopení

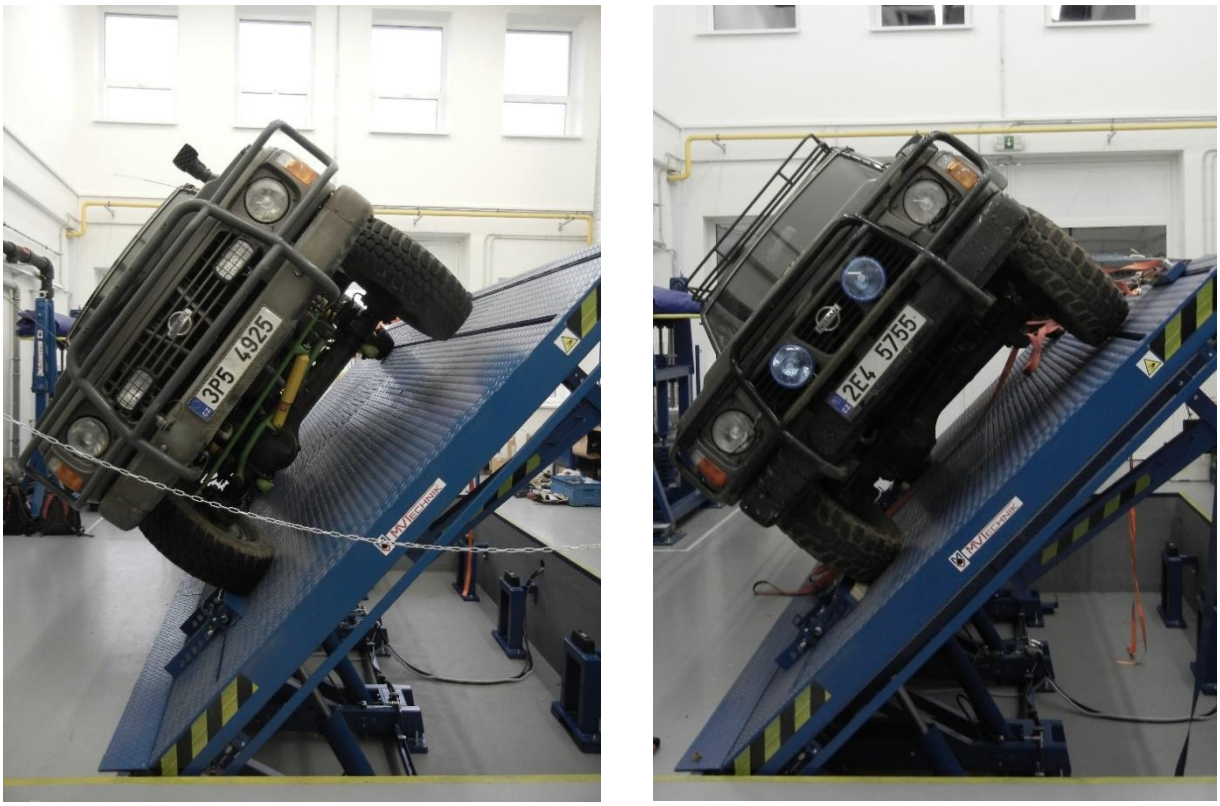
Další vlastnost, která se změní v souvislosti se změnou těžiště, je maximální úhel naklopení, než dojde ke ztrátě kontaktu kol s terénem a následnému převrácení vozidla. Jelikož upravený vůz má zvýšený podvozek, dá se očekávat, že možný úhel naklopení bude menší.

Měření probíhalo na sklopné plošině ve Výukovém a výzkumném centru v dopravě Dopravní fakulty Jana Pernera, která je pro toto měření uzpůsobená. Jedná se o hydraulickou plošinu, která je na jedné straně otočně uložena a pomocí hydraulických pístů je zvedána. Při nájezdu automobilu na plošinu se musí na straně otočného uložení plošiny podložit kola aretací, aby při náklonu nedošlo k sesunutí a smýknutí vozidla z plošiny.

Vozidlo se musí bezpečně připevnit pomocí popruhů, s podmínkou, že popruhy musí být natolik volné, aby vozidlo neomezovaly při ztrátě kontaktu kol s plošinou. Protože při naklápění není vozidlo zcela tuhé těleso, pružiny se na straně naklápění stlačí pod rostoucí hmotností nosného rámu, pohonné jednotky a kabiny. Popruhy jsou pro maximální bezpečnost použity na více místech. Připevněn je B-sloupek, příčník na nosném rámu a obě kola. Je nutné zajistit i bezpečnost obsluhy ohrazením místa v dostatečné vzdálenosti (Obrázek 10).

Obrázek 10: Zajištění vozidel při zkoušce úhlu překlopení.

Pro přesnější měření úhlu, kdy dojde ke ztrátě kontaktu, je pod kolo umístěna malá hladká podložka. Nastane-li bod, ve kterém vozidlo ztratí kontakt kol s plošinou, okamžitě se podložka sesune a vozidlo se převrací. V tento moment se z ovládacího panelu sklopné plošiny odečte úhel naklopení plošiny (Obrázek 11). Pro co nejpřesnější údaje bylo měření provedeno třikrát po sobě, a z výsledků byla určena střední hodnota. Pro bezpečnost se zaokrouhlovala dolů na celé stupně (Tabulka 5).



Obrázek 11: Měření úhlu překlopení. Vlevo: Upravený automobil. Vpravo: Sériový automobil.

Další fotografie z měření úhlu překlopení jsou v příloze 18 a 20.

Tabulka 5: Úhly překlopení vozidel.

úhel překlopení [°]				
	sériový vůz		upravený vůz	
	přední kolo	zadní kolo	přední kolo	zadní kolo
měření č. 1	42,6	48,5	41,2	43,6
měření č. 2	44,5	49,6	42,6	44
měření č. 3	43,6	49,2	41,6	45
výsledný úhel	**43**	**49**	**41**	**44**

Porovnání

Z výsledků měření je vidět, že zvýšené těžiště v důsledku zvýšeného podvozku je při naklápění vozidlu nepříznivé. Ovšem hodnota není tak rozdílná, aby v terénu docházelo k velkému omezení nebo snížení průjezdnosti. U sériového vozidla dochází k odpoutání předního kola v náklonu 43° a až následně k zadnímu kolu v náklonu 49°. V porovnání s technickými dokumenty od výrobce se úhel naklopení neshoduje, udává 46° (to odpovídá střední hodnotě úhlů překlopení obou náprav, Příloha 19, [5]). U upraveného vozidla dochází odpoutání předního kola v 41° a následně zadního v 44°. Postupné odpoutávání kol je

způsobeno vyšším umístěním těžiště v přední části vlivem vysoko uloženého motoru. Porovnáním úhlů dochází k odpoutání zadního kola u upraveného vozidla o 5° dříve a předního kola o pouhé 2° dříve. Z hlediska bezpečnosti je možno sledovat pouze minimální úhel, kdy začíná docházet k odpoutávání kol, v tomto případě je rozdíl pouhé 2°.

3.3.4. Křížení náprav

Poslední měření se týká co nejlepšího držení všech kol v kontaktu s terénem. Toto je jedna z nejdůležitějších vlastností a schopností terénních vozidel. Jedná se o schopnost křížit přední nápravu vůči zadní. Je zde hodně kritérií, od kterých se odvíjí tato schopnost. Především je třeba si uvědomit, že se jedná o tuhé nápravy, nikoli o nezávislé zavěšení. Schopnost natočení nápravy vůči vozidlu je také závislá na druhu použitého zavěšení. Některá zavěšení, jako například trojúhelníkové, jsou pro křížení výhodnější a dovolují větší natočení. Velkou roli mají pružiny, především pro jejich možnou stlačitelnou délku a jejich tuhost neboli poddajnost. Další prvek omezující větší dosažitelné natočení nápravy je stabilizátor, jehož funkcí je, aby se při průjezdu zatáčkou vozidlo příliš nenaklánělo a v krajní mezi neztratilo nakloněním adhezi s vozovkou.

Pro změření této vlastnosti je třeba zvednout celé vozidlo na zdviži a pod jedno přední a úhlopříčně uložené zadní kolo dát dostatečně vysokou konstrukci, na kterou se umístí desková váha, jaká byla použita již v předešlých měřeních. Vozidlo se spouští na konstrukce s váhami a nápravy se začnou natáčet podle podélné osy vozidla. Ve chvíli, kdy při součtu hmotností jednotlivých vah hmotnost dosáhne celkové hodnoty vozidla, je zaručeno, že veškerá hmotnost připadá na váhy a zdviž již vozidlo nepodpírá (Obrázek 12). Následně je zapotřebí u obou náprav si zvolit libovolné dva body, od kterých se změří vzdálenost k zemi a ještě vzdálenost mezi nimi. Vhodné je vybrat body co nejdále od sebe, aby měření bylo co nejpřesnější (Příloha 21 - 25). V tento moment se získaly všechny potřebné údaje pro výpočet úhlu natočení nápravy vůči zemi. Stejným postupem se změří a dopočítá úhel druhé nápravy a jednoduše se tyto úhly sečtou. Jejich součet je celkový úhel, který dokážou vůči sobě nápravy vykřížit (Schéma 7 a 8).

Jsou zde ale aspekty, chyby a rozdíly od reality, které je třeba si uvědomit. U sériového vozu mohou být pružiny již stářím opotřebovány, a naopak u upraveného vozidla jsou nainstalovány expediční pružiny, které jsou dimenzovány na provozní hmotnost vozidla plus minimálně 200 kg výbavy, které momentálně na vozidle nejsou. U sériového vozidla byla naměřena dokonce o 100 kg větší hmotnost než u upraveného a tento rozdíl hmotností měření

mírně zkresluje. Měření také neukáže maximální možné natočení nápravy vůči vozidlu. Náprava by musela být vynucenou silou vykřížena do míry, kdy dorazy tlumičů pérování, nebo nedostatek místa v nadkolí toto natočení omezí. Zde je zvýšený podvozek ohromnou výhodou. Tam by byl rozdíl oproti sériovému vozidlu značný, protože chod tlumičů s pružinami a místo v nadkolí je o mnoho větší. Získat tak velkou hmotnost, aby vyvolala dostatečnou sílu pro úplné stlačení, není technických a bezpečnostních důvodů v možnostech měření. Proto v tomto měření není podstata zjištění maximálních úhlů, ale změna úhlu již při rovnovážné, nezatížené poloze. Měření ukáže, že i při mírném terénu a menší hmotnosti vozidla jsou schopny pružiny lépe kopírovat daný terén a také naznačí, že v extrémním terénu, bude změna úhlů oproti sériovému vozidlu ještě mnohem rozsáhlejší.

Obrázek 12: Průběh měření úhlů náprav vůči sobě při křížení. Vlevo: upravený. Vpravo: sériový.

Po získání a změření výše uvedených potřebných údajů vede řešení výsledných úhlů přes rovnici podobnosti trojúhelníků.

Sériový vůz

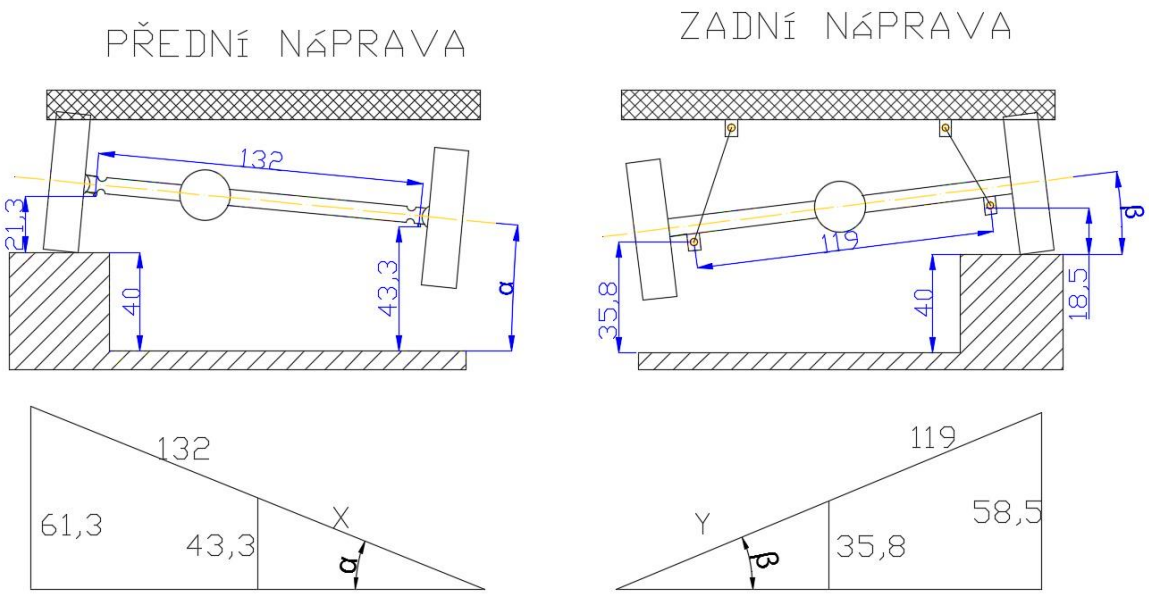


Schéma 7: Naměřené údaje při křížení náprav sériového vozidla.

- Přední náprava

$$sin\alpha = \frac{61{,}3}{132 + X} = \frac{43{,}3}{X}$$

$$61{,}3 * X = 43{,}3 * (132 + X)$$

$$61{,}3 * X - 43{,}3 * X = 5715{,}6$$

$$18 * X = 5715{,}6$$

$$X = 317{,}5\ cm$$

$$sin\alpha = \frac{43{,}3}{317{,}5} => \alpha = 7{,}8°$$

- Zadní náprava

$$sin\alpha = \frac{58,5}{119 + Y} = \frac{35,8}{Y}$$

$$58,5 * Y = 35,8 * (119 + Y)$$

$$58,5 * Y - 35,8 * Y = 4260,2$$

$$22,7 * Y = 4260,2$$

$$Y = 187,7\ cm$$

$$sin\beta = \frac{35,8}{187,7} => \beta = 11°$$

$$celkový\ úhel = \alpha + \beta = 7,8 + 11 = 18,8°$$

Upravený vůz

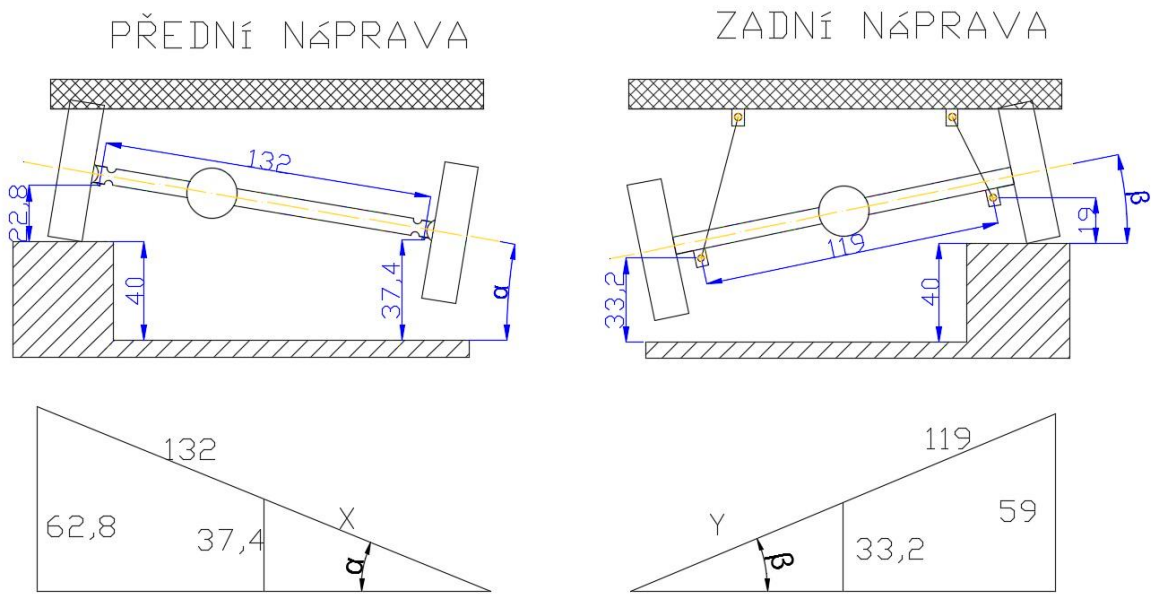


Schéma 8: Naměřené údaje při křížení náprav upraveného vozidla.

- Přední náprava

$$sin\alpha = \frac{62,8}{132 + X} = \frac{37,4}{X}$$

$$62,8 * X = 37,4 * (132 + X)$$

$$62,8 * X - 37,4 * X = 4936,8$$

$$25{,}4 * X = 4936{,}8$$

$$X = 194{,}4\ cm$$

$$sin\alpha = \frac{37{,}4}{194{,}4} => \alpha = 11{,}1°$$

- Zadní náprava

$$sin\alpha = \frac{59}{119 + Y} = \frac{33{,}2}{Y}$$

$$59 * Y = 33{,}2 * (119 + Y)$$

$$59 * Y - 33{,}2 * Y = 3950{,}8$$

$$25{,}8 * Y = 3950{,}8$$

$$Y = 153{,}1\ cm$$

$$sin\beta = \frac{33{,}2}{153{,}1} => \beta = 12{,}5°$$

$$celkový\ úhel = \alpha + \beta = 11{,}1 + 12{,}5 = 23{,}6°$$

Tabulka 6: Úhly, které svírají nápravy vůči sobě.

	sériový	upravený
přední úhel	7,8°	11,1°
zadní úhel	11°	12,5°
celkový úhel	18,8°	23,6°

Porovnání

Z dosažených výsledků (Tabulka 6) je patrné, že již při částečném zatížení jsou pružiny schopny na upraveném vozidle pracovat s tlumiči pérování ve větším rozsahu a docílit většího úhlu natočení náprav vůči vozidlu. Zatímco u sériového vozidla byly již tlumiče na dorazech svých možností, na upraveném vozidle měly ještě možný chod tlumičů cca 10 cm (hodnota byla zjištěna změřením a poměřením délek tlumičů při úplném zasunutí a vysunutí původních a speciálních tlumičů). Reálná ukázka rozsahu tlumičů pérování, pružin a celkového vykřížení nápravy a další fotografie z průběhu měření v příloze 21 - 25.

4. Závěr

Práce řešila přestavbu terénního vozidla Nissan Patrol GR pro zvýšení efektivity v rozmanitém terénu. Specializace se týkala přípravy vozidla především pro rekreační expediční cesty ve středoevropských podmínkách (jakými jsou např. hluboké brody, průjezdy po nezpevněných lesních, bahnitých či písečných cestách). Výběr úprav byl dán předchozí teoretickou studií. Omezení přestavby či jejích částí plynulo především z limitovaných finančních prostředků, jelikož celá úprava byla realizovaná na osobním automobilu autora práce, a to z vlastních zdrojů. Výsledky splnily očekávání vzniklá z teoretické studie.

Konkrétně pro jednotlivé vlastnosti se pak podařilo dosáhnout následujících změn. Navzdory dlouhému převisu kabiny za zadní nápravu a malému zadnímu nájezdovému úhlu se přechodové úhly (přední, zadní i přejezdový) po zvýšení podvozku navýšily o cca třetinu (až o 10°) oproti sériovému vozu. Naproti tomu negativní vliv zvýšení podvozku je zanedbatelný. Naměřené zvýšení těžiště vozidla o 2,5 cm (změna pouze 1/5 v poměru s 12 cm změnou výšky podvozku) způsobilo zmenšení úhlu překlopení o pouhé 2°. Zvýšení těžiště bylo částečně kompenzováno tužšími pružinami, které při náklonu vozu pozitivně ovlivňují náklon kabiny vůči nosnému rámu. Třetí podstatnou změnou bylo umožnění vozidlu pracovat s tlumiči ve větším rozsahu. Jinými slovy, podvozek disponuje většími schopnostmi křížit nápravy (dáno rovněž větším prostorem v nadkolí) vůči sobě a tím lépe kopírovat terén. Tato vlastnost rovněž umožňuje instalaci větších pneumatik.

Pro původní expediční záměr hrají velkou roli nejen nově nabyté vlastnosti průjezdem terénu dané výškou vozidla, ale rovněž tuhost instalovaných pružin kompenzující nárůst hmotnosti vozidla. Očekává se instalace další výbavy jako například malá kuchyňka, konstrukce na rovnou plochu po celém vozidle pro účely spaní, nádrž s vodou a palivem, přepravky s nářadím a náhradní díly. S hmotností výše uvedeného bylo třeba počítat již při stávající přestavbě.

V rámci budoucí práce budou instalovány větší kola pro zvýšení jak celého vozidla, tak jeho světlé výšky. Rovněž nájezdové a přejezdové úhly se zvětší. Nově upravený podvozek je možno označit nejen za účelný, ale dokonce pro expediční záměry nezbytný (v porovnání se sériovým).

5. Zdroje

[1] VLK, František. Stavba motorových vozidel. 1. vyd. Brno: František Vlk, 2003, 499 s. ISBN 80-238-8757-2.

[2] GSCHEIDLE, Rolf. Příručka pro automechanika. 2., upr. vyd. Praha: Sobotáles, 2002, 637 s. ISBN 80-859-2083-2.

[3] TESAŘ, Miroslav. Vybrané statě z konstrukce silničních vozidel. 1. vyd. Pardubice: Univerzita Pardubice 2013, 145 s.

[4] VYKOUKAL, Rudolf. Automobily. 1. vyd. Praha: SNTL, 1971, 412s.

[5] Nissan company. Příručka Nissan Patrol GR. Vyd. Nissan Czechoslovakia: Praha.

[6] Nissan company. Nissan Patrol Y60 GR,CQ Service Manual – Rear and front axle.

[7] Verner M.: Základ databáze parametrů vozidla. Pardubice, 2014. 96 s. Diplomová práce. Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera. Vedoucí práce Ing. Jan Pokorný, Ph.D.

[8] *Escape 4x4* [online]. [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: http://www.escape4x4.cz/relokace- predni-napravy-nissan-patrol-gr-y60/d-71488/.

[9] *Old Man Emu* [online]. [cit. 2015-05-07]. Dostupné z: http://www.oldmanemu.com.au/products/.

[10] *Autolexicon: Wattův přímovod* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: http://www.autolexicon.net/cs/articles/wattuv-primovod/.

6. Přílohy

1. sejmutí karosérie. 45
2. podvozek bez kabiny 45
3. díly z přední nápravy (Shora: ramena, spojovací tyč řízení, tyč řízení, panhardská tyč, tlumič řízení, stabilizátor. Vpravo: kloubová hřídel, převodka řízení. Vlevo: tlumiče) 46
4. upravené uchycení ramen na nápravě (změna záklonu) 46
5. pevnostní prahy, jekl 100x60mm....47
6. zesílení nápravy v nejužším místě kvůli odolnosti proti ohybu....47
7. opískovaná a povrchově ošetřená ramena, panhardské tyče a kryt nádrže....48
8. vsazené polyuretanové silentbloky 48
9. ošetřené nápravy s novou klecí na uzávěru diferenciálu 49
10. montáž (ošetřené veškeré díly + instalace nových tlumičů a pružin)....49
11. montáž (lze vidět nové kovové trubky na brzdovou kapalinu a plastové hadice na přívod/odvod pohonných hmot, dále hadice na podtlak do uzávěry diferenciálu a odvzdušnění nápravy....50
12. zkompletovaný podvozek s pohonnou jednotkou....50
13. zkompletovaný podvozek s pohonnou jednotkou....51
14. nasazení kabiny....51
15. testovací jízda 52
16. upravený vůz před výzkumným střediskem Dopravní fakulty Jana Pernera....52
17. rozdíl výšek mezi upraveným a sériovým vozem. Upravený vůz je vyšší o 12 cm. 53
18. měření úhlu překlopení vozidla na sklopné plošině. K překlopení dochází ve 41°. 53
19. prospekt k vozidlu od výrobce....54
20. měření úhlu překlopení vozidla na sklopné plošině. Upravený vůz se překlápí při 41°....55
21. křížení náprav 55
22. váhové desky....56
23. průběh měření úhlů vykřížených náprav 56
24. průběh měření úhlů vykřížených náprav 57
25. průběh měření úhlů vykřížených náprav 57

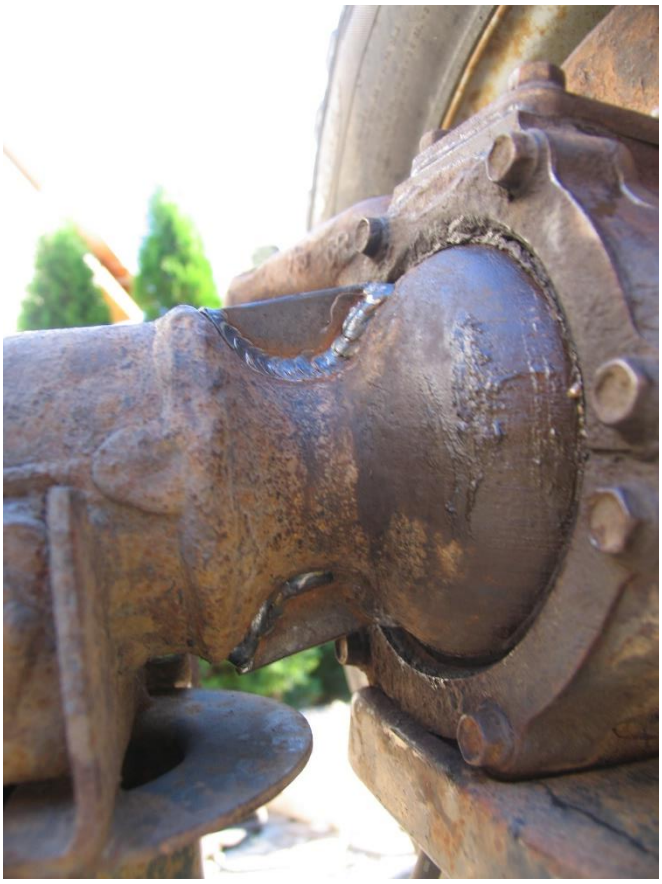
1. sejmutí karosérie.

2. podvozek bez kabiny

3. díly z přední nápravy (Shora: ramena, spojovací tyč řízení, tyč řízení, panhardská tyč, tlumič řízení, stabilizátor. Vpravo: kloubová hřídel, převodka řízení. Vlevo: tlumiče)

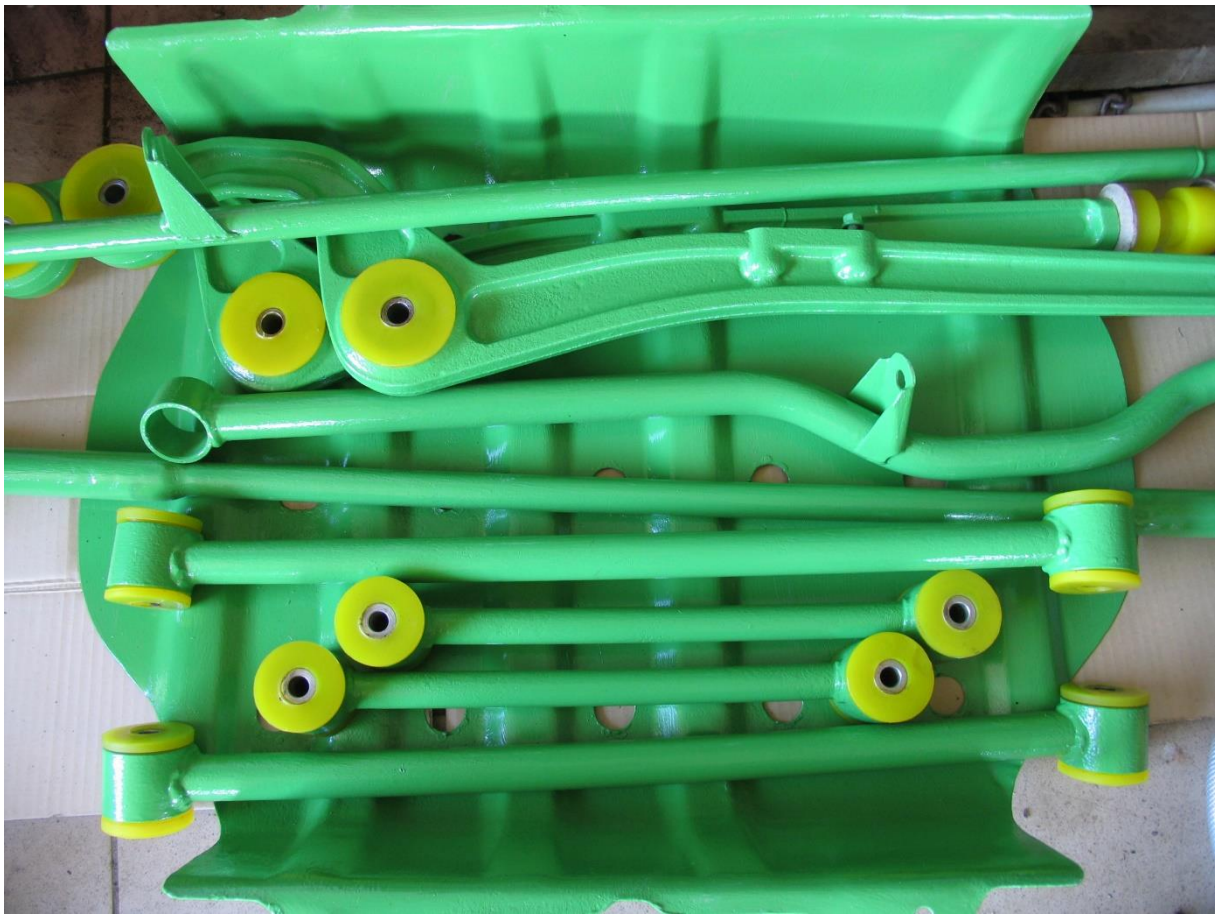
4. upravené uchycení ramen na nápravě (změna záklonu)

5. pevnostní prahy, jekl 100x60mm



6. zesílení nápravy v nejužším místě kvůli odolnosti proti ohybu

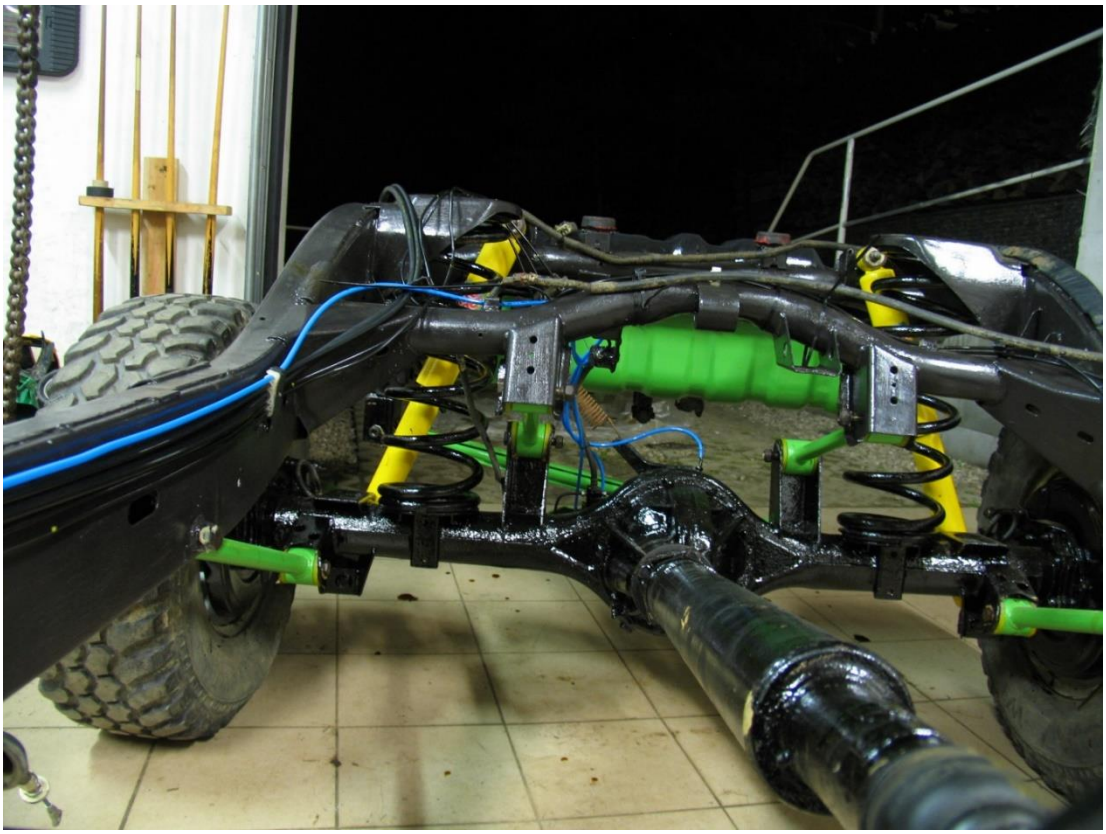
7. opískovaná a povrchově ošetřená ramena, panhardské tyče a kryt nádrže



8. vsazené polyuretanové silentbloky

9. ošetřené nápravy s novou klecí na uzávěru diferenciálu (zelený díl)

10. montáž (ošetřené veškeré díly + instalace nových tlumičů a pružin)



11. montáž (lze vidět nové kovové trubky na brzdovou kapalinu a plastové hadice na přívod/odvod pohonných hmot, dále hadice na podtlak do uzávěry diferenciálu a odvzdušnění nápravy)

12. zkompletovaný podvozek s pohonnou jednotkou

13. zkompletovaný podvozek s pohonnou jednotkou

14. nasazení kabiny

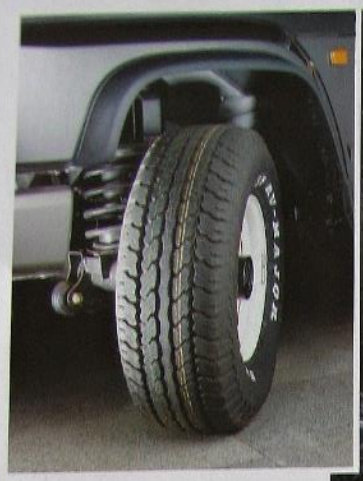
15. testovací jízda

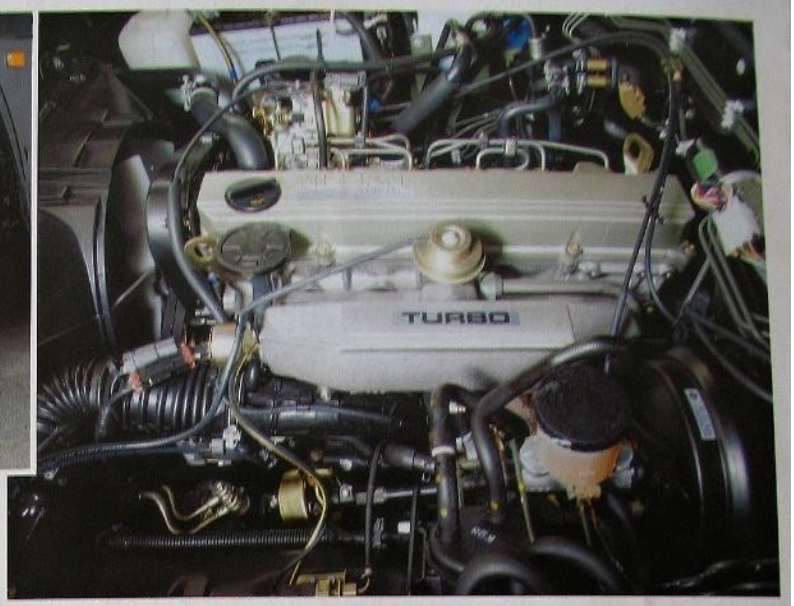
16. upravený vůz před výzkumným střediskem Dopravní fakulty Jana Pernera

17. rozdíl výšek mezi upraveným a sériovým vozem (upravený vůz je vyšší o 12 cm)

18. měření úhlu překlopení vozidla na sklopné plošině (k překlopení dochází ve 41°)

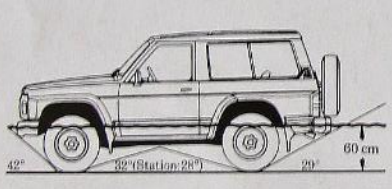
NISSAN PATROL GR

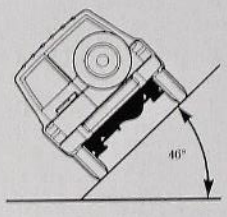


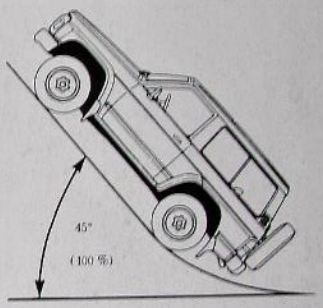


Dokonalá stabilita
a skvělé jízdní vlastnosti
v terénu i na silnici.

Síla, která je znát.
Naftový motor o obsahu 2,8 litru má maximální výkon 115 k.







TECHNICKÉ ÚDAJE:	HARD TOP	WAGON
délka (mm)	4240	4810
šířka (mm)	1800	1800
výška (mm)	1790	1785
motor	RD 28 TURBO DIESEL šestiválec	
zdvihový objem válců (cm^3)	2826	
plný výkon kW(k) při ot. za min.	85 (115) / 4400	
točivý moment N.m při ot. za min.	235 / 2400	
max. rychlost	145	145
pneumatiky	10 R 15	
převodovka	pětistupňová, plně synchronizovaná	
brzdy (před. a zad.)	diskové s posilovačem	
objem nádrže (l)	95	

		HARD TOP	WAGON
pohotovostní hmotnost (kg)		1920	2020
užitečná hmotnost (kg)		530	680
max. hmot. brzděného přív. vozidla (kg)		3500	3500
poč. přep. osob		5	7
možnost zařadit pohon		4 x 2 4 x 4 4 x 4 s redukcí neutrál	
možnost blokace diferenciálu zadní nápravy		ano	
spotřeby EHK (l/100 km)	město	12,4	12,4
	90 km/h	8,9	9,4
	120 km/h	13,5	14,2

19. prospekt k vozidlu od výrobce [5]

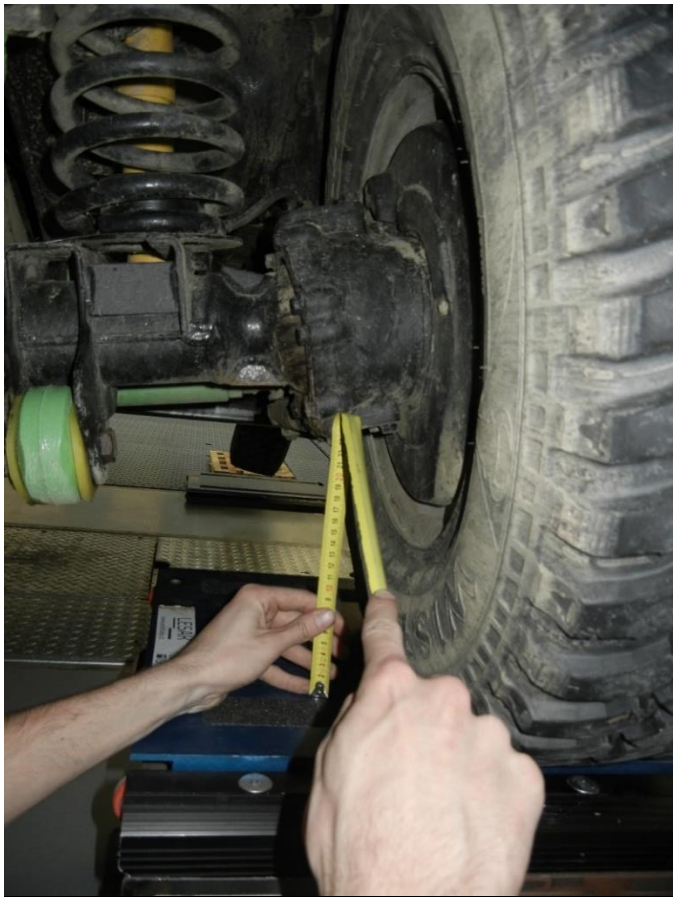
20. měření úhlu překlopení vozidla na sklopné plošině (upravený vůz se překlápí při 41°)

21. křížení náprav

22. váhové desky

23. průběh měření úhlů vykřížených náprav

24. průběh měření úhlů vykřížených náprav



25. průběh měření úhlů vykřížených náprav