



**FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE**

Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel

**Návrh paletového systému pro testování
spalovacích motorů**

**Design of pallet system for internal combustion
engine testing**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2019

Ondřej Čmiel

Studijní program: STROJÍRENSTVÍ

Studijní obor: B STR KPP - Konstruování podporované počítačem

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Čmiel** Jméno: **Ondřej** Osobní číslo: **456792**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel**
Studijní program: **Strojírenství**
Studijní obor: **Konstruování podporované počítačem**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Návrh paletového systému pro zkoušení spalovacích motorů

Název bakalářské práce anglicky:

Pokyny pro vypracování:

Navrhněte paletový systém pro rychlé připojení a ustavení spalovacího motoru na brzdové zkušební stanoviště č.4 pro zkušebnu Juliska.

- 1) Definujte obecné požadavky na paletový systém.
- 2) Navrhněte vhodné komponenty pro propojení provozních kapalin (volitelně i elektroinstalace a instrumentace)
- 3) Ve zvoleném 3D modeláři vymodelujte paletový systém a vytvořte výkres sestavení a výrobní výkresy určených komponent.

Seznam doporučené literatury:

Firemní literatura výrobců paletových systémů dostupná online
<https://www.avl.com/-/pallet-systems>
http://www.ernst-gruppe.de/en/products/drive_train_test_stands/pallet_systems/
<https://www.indiamart.com/fev-india/test-bed-instrumentation-systems.html>

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Miloslav Emrich, Ph.D., ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Ing. Jindřich Hořenín, ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel FS

Datum zadání bakalářské práce: **18.04.2019**

Termín odevzdání bakalářské práce: **10.07.2019**

Platnost zadání bakalářské práce: _____

Ing. Miloslav Emrich, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

doc. Ing. Oldřich Vítek, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

_____ Datum převzetí zadání

_____ Podpis studenta

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Návrh paletového systému pro testování spalovacích motorů“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Miloslava Emricha, Ph.D. a odborného konzultanta Ing. Jindřicha Hořenína, s použitím literatury, jejíž zdroje jsou uvedeny na konci této bakalářské práce.

.....
V Praze dne

.....
Ondřej Čmiel

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Miloslavu Emrichovi, Ph.D. a odbornému konzultantovi panu Ing. Jindřichu Hořenínovi za jejich ochotu, trpělivost a čas strávený na konzultacích, za cenné rady a připomínky při vypracovávání mé bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Zbyňkovi Syrovátkovi za zpřístupnění prostor zkušebního stanoviště č.4 na Julisce.

ANOTAČNÍ LIST

Jméno autora:	Ondřej Čmiel
Název BP:	Návrh paletového systému pro testování spalovacích motorů
Anglický název:	Design of pallet system for internal combustion engine testing
Rok:	2019
Studijní program:	B2341 Strojírenství
Obor studia:	Konstruování podporované počítačem (KPP)
Ústav:	Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel
Vedoucí BP:	Ing. Miloslav Emrich, Ph.D.
Konzultant:	Ing. Miloslav Emrich, Ph.D., Ing. Jindřich Hořenín
Bibliografické údaje:	počet stran 39 počet obrázků 33 počet tabulek 5
Klíčová slova:	Paletový systém, Mobilní upevňovací zařízení, Testování spalovacích motorů, Spalovací motor, Dynamometr
Keywords:	Pallet system, Mobile mounting device, Combustion engine testing, Combustion engine, Dynamometer
Anotace:	Tato bakalářská práce se zabývá návrhem konstrukce paletového systému pro testování spalovacích motorů. Paletový systém je primárně navržen pro testování motoru YAMAHA YTF-R6, vozu studentského projektu Formula Student.
Abstract:	This bachelor thesis is focused on design of a pallet system for internal combustion engine testing. Pallet system is primarily designed for engine YAMAHA YTF-R6.

OBSAH

<i>Prohlášení</i>	- 3 -
<i>Poděkování</i>	- 4 -
<i>Anotační list</i>	- 5 -
<i>Obsah</i>	- 6 -
1 Úvod	- 8 -
2 Cíl práce	- 8 -
3 Způsoby uchycení spalovacích motorů	- 9 -
3.1 Stacionární uchycení dieselových motorů	- 9 -
3.2 Stacionární uchycení zážehových motorů	- 10 -
3.3 Paletové systémy	- 11 -
3.3.1 Paletový systém pro manuální dokování	- 11 -
3.3.2 Paletový systém pro automatické dokování	- 12 -
3.3.3 Výhody použití paletového systému	- 12 -
4 Analýza zkušebny Juliska	- 13 -
4.1 Současný stav zkušebního stanoviště č.4	- 13 -
4.2 Přehled dynamometrů	- 13 -
4.3 Uvažované motory	- 14 -
5 Návrh jednotlivých komponent	- 15 -
5.1 Rám	- 15 -
5.1.1 Rozměrová omezení	- 15 -
5.1.1.1 Omezení šířky	- 15 -
5.1.1.2 Omezení výšková	- 15 -
5.1.1.3 Omezení délková	- 16 -
5.1.1.1 Shrnutí	- 16 -
5.1.2 První koncept rámu	- 17 -
5.1.3 Druhý koncept rámu	- 18 -
5.1.4 Třetí koncept rámu	- 19 -
5.1.5 Finální návrh rámu	- 20 -
5.2 Stojny	- 21 -
5.2.1 Základní konstrukce	- 21 -
5.2.2 Výšková nastavitelnost	- 22 -
5.2.3 Pohybový šroub	- 22 -

5.2.3.1	<i>Kuličkové pohybové šrouby</i>	- 23 -
5.2.3.2	<i>Trapézové šrouby</i>	- 23 -
5.2.3.3	<i>Návrh pohybového šroubu</i>	- 23 -
5.2.4	<i>Zajištění výškového nastavení</i>	- 24 -
5.3	<i>Pojzdový mechanismus</i>	- 25 -
5.3.1	<i>Omezující parametry</i>	- 25 -
5.3.2	<i>Volba pojezdových kladek</i>	- 25 -
5.4	<i>Polohovací prvky</i>	- 26 -
5.4.1	<i>Vodící čep</i>	- 26 -
5.4.2	<i>Polohový kužel</i>	- 26 -
5.4.3	<i>Středící přípravek</i>	- 27 -
5.5	<i>Propojení médií</i>	- 28 -
5.5.1	<i>Rychlospojka pro chladící</i>	- 28 -
5.5.2	<i>Rychlospojka pro palivo</i>	- 28 -
5.5.3	<i>Rychlospojka pro mazací olej</i>	- 29 -
5.5.4	<i>Rychlospojka pro připojení vody ze zkušebny</i>	- 29 -
5.5.5	<i>Shrnutí</i>	- 29 -
5.5.6	<i>Provedení</i>	- 29 -
5.6	<i>Kotvicí komponenty</i>	- 31 -
5.6.1	<i>Návrh kotvicích komponent</i>	- 31 -
5.6.1.1	<i>Přední a zadní podstava</i>	- 31 -
5.6.1.2	<i>Boční podstava</i>	- 32 -
5.6.1.3	<i>Upnutí</i>	- 32 -
5.7	<i>Přídavné komponenty</i>	- 33 -
5.7.1	<i>Olejová vanička</i>	- 33 -
5.7.2	<i>Rozšíření Alutec</i>	- 33 -
5.8	<i>Postup instalace na stanoviště</i>	- 34 -
6	<i>Závěr</i>	- 37 -
	<i>seznam použité literatury</i>	- 38 -
	<i>seznam obrázků</i>	- 38 -
	<i>Seznam tabulek</i>	- 39 -
	<i>Zdroje 3D modelů kupovaných komponent</i>	- 39 -

1 Úvod

V dnešní době se vývoj a konstrukce pohonných jednotek dostali do fáze, kdy je rozdíl každého pokroku, každé provedené inovace, oproti předchozímu vývojovému stupni, minimální a velice obtížně změřitelný. Z tohoto důvodu jsou na testovací zařízení, ve kterých firmy provádějí testování svých nových produktů, kladeny vysoké nároky na přesnost měření, a tedy i získaných výstupních dat.

Je nezbytné, aby se motor na zkušebním stanovišti nacházel ve správné poloze. Musí být usazen jak v požadované výšce, tak ve vzdálenosti od dynamometru, která umožňuje propojení danou spojkou. V neposlední řadě musí být zajištěna souosost klikového hřídele s osou dynamometru. Do přípravy je také zahrnuta instalace čidel a senzorů, ze kterých jsou následně získávána data. Z toho vyplývá, že už samotný proces instalace motorů na zkušební stanoviště je složitá a časově velmi náročná operace.

Způsoby uchycení testované jednotky na zkušebním stanovišti jsou různá. Moderní zkušebny jsou velice drážka zařízení, proto je potřeba, aby se časy, při kterých je nová testovaná jednotka instalována, a tím pádem není stanoviště v chodu, byly co nejkratší. Paletové systémy montážní časy, přímo na zkušebním stanovišti, výrazně zkracují, a proto nacházejí v novodobých zkušebnách stále větší uplatnění.

2 Cíl práce

Pro potřeby této práce je nutné provést analýzu testovacího stanoviště a vybraných spalovacích motorů. Díky této analýze budou získány obecné požadavky pro konstrukci paletového systému.

Na základě získaných dat budou následně navrženy jednotlivé prvky paletového systému pro testování zvolených motorů na zkušebním stanovišti č.4 v laboratořích Juliska.

Dále budou vybrány vhodné komponenty pro propojení kapalin potřebných k chodu motoru a zvolen postup montáže paletového systému na zkušební stanoviště.

Výsledný návrh bude vymodelován pomocí 3D modeláře a z něj budou následně vytvořeny výkresy sestavení a výrobní výkresy veškerých komponent.

3 Způsoby uchycení spalovacích motorů

Základní rozdělení upevňovacích zařízení je dle jejich možnosti pohybu, na stacionární a mobilní.

Stacionární upevňovací zařízení jsou ukotvena přímo na testovacím stanovišti. Jejich konstrukce se pochopitelně může lišit s ohledem na konkrétní zkušebnu a testovaný motor. Ale každé takové zařízení se skládá z ocelového rámu, který je buď pevně, nebo pružně přichycen k roštu. Na tomto rámu se nachází podpěry, na které je umisťován přípravek se zkoušeným motorem.

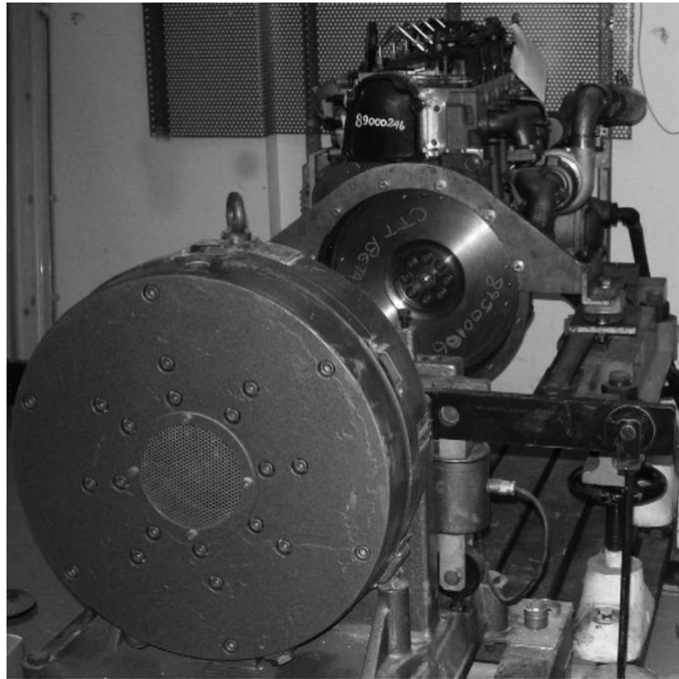
Mobilní upevňovací zařízení mají stejnou základní skladbu jako zařízení stacionární. Rovněž se skládá z ocelového rámu, na kterém jsou připevněny podpěry, a na ty je umisťován přípravek s motorem. Ovšem jeho rám není pevně ukotven, jak je tomu u stacionárního zařízení. Tím je umožněna pohyblivost paletového vozíku, jejíž výhody budou popsány v kapitole 3.3.3.

Hlavním požadavkem na jakékoliv upevňovací zařízení, je zajištění přesného a pevného umístění motoru na testovacím stanovišti. Je nutné dosáhnout souososti osy klikové hřídele s osou dynamometru. V opačném případě dochází k velkému namáhání pružných elementů spojky. Tyto elementy se při deformaci zahřívají, čímž dochází ke snížení jejich životnosti. Dochází i k většímu namáhání ložisek motoru, která na takové zatížení nemusí být dimenzována.

Jak již bylo zmíněno, jedním z problémů, řešených při návrhu správného uchycení motoru, jsou vibrace. Jejich hlavním, a většinou jediným, zdrojem v soustavě, je sám motor. Vliv sekundárních zdrojů vibrací (ventilační systém, pumpy, kapalinové oběhy nebo dynamometr) jsou v porovnání s vlivem motoru zanedbatelné. Proto je velice důležité zvolit uchycení testované jednotky tak, aby nedošlo k jejímu poškození, nebo poškození součásti k ní připojených, nadměrným pohybem nebo naopak. [1]

3.1 Stacionární uchycení dieselových motorů

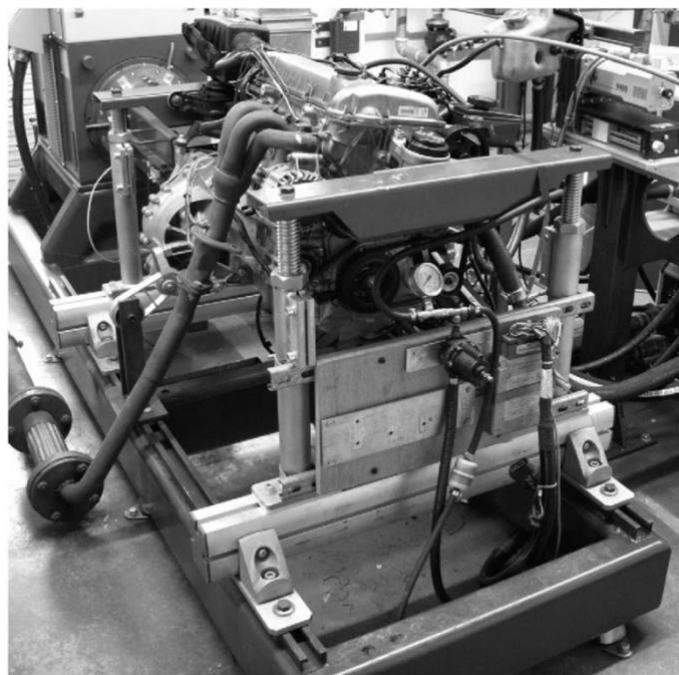
Dieselové motory se ve většině případů podepírají na konci hnacího hřídele profilovanou ocelovou deskou. Ta je přišroubována k čelu tělesa setrvačnicku, spočívajícím na tlumených podpěrách, které jsou upevněny k rámu na obou stranách motoru. Horizontální rovina, procházející patkami, by se měla nacházet co nejbližší rovinně klikového hřídele motoru. Toto zajišťuje, že jsou upevňovací prvky pod prostým stlačením nebo napnutím a spojovací hřídel není vystaven bočním vibracím od motoru, který má tendenci se otáčet okolo osy klikového hřídele. Pro krátkodobé zkoušky je motor běžně upínán pevně ke společnému rámu s dynamometrem použitím vhodného plochého povrchu nebo pouze upevňovacími šrouby. Avšak rám, jako celek, je uložen pružně. [1]



Obr. 1 – Diesellový motor v procesu montáže [1]

3.2 Stacionární uchycení zážehových motorů

Většina zážehových motorů je podepřena v místech úchytnů stejně, jako na vozidle samotném (podobně, jako tomu je na *Obr.2*). Způsob tohoto uložení ale nemusí být dostačující. Důvodem je možnost rozdílných tuhostí montážních rámu a také účinků jiných zádržných systémů motoru, které během testování v soustavě chybí. Mezi nejčastější příznaky špatného uchycení k montážnímu rámu, je porucha připojení výfuků v blízkosti motoru a únavová porucha odlitků pomocných jednotek (např. alternátoru). [1]



Obr. 2 – Zážehový motor upevněný na kombinovanému rámu motor-dynamometr [1]

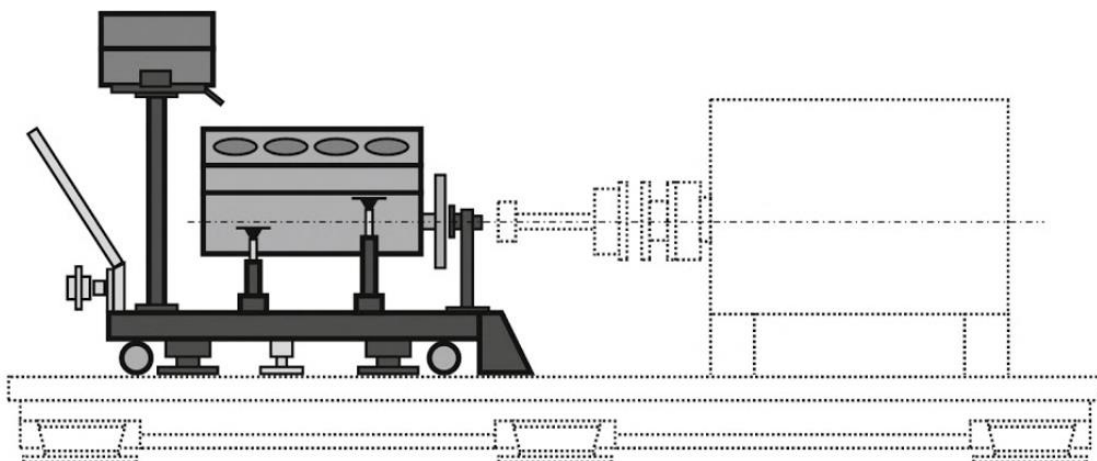
3.3 Paletové systémy

Paletové systémy jsou mobilní upevňovací zařízení. Umožňují předběžnou montáž testované jednotky v prostorech mimo zkušebnu. Zde je motor, včetně veškerého měřicího vybavení, připojen k paletovému systému.

Dle konstrukce lze rozdělit na vozíky, které mají vlastní pojezdový systém, a palety, které ho nemají. Rovněž lze odlišovat paletové systémy dle hmotnosti či velikosti testovaných objektů na lehké a těžké, či podle způsobu dokování na paletové systémy pro manuální a automatické dokování. [2]



Obr. 3 – Vozík (vlevo) a paleta (vpravo) pro manuální dokování od firmy AVL [2]



Obr. 4 – Schéma uspořádání paletového systému na testovacím stanovišti [2]

3.3.1 Paletový systém pro manuální dokování

Paletový systém pro manuální dokování se skládá z ocelového rámu, na kterém se nacházejí podélné drážky, odkapávací misky a upevňovacích prvků, kterými je paletový systém připevněn k základové desce. Pro určení správné polohy na základové desce, má paletový systém vodící drážku, která plní funkci centrovacího prvku. Přidáním pomocných prvků, např. přijímačů, středových měřidel či systému uložení motoru, se výrazně zjednoduší jak manipulace a středění komponent na paletě, tak i samotné ustavení palety na testovací stanoviště. [2]

3.3.2 Paletový systém pro automatické dokování

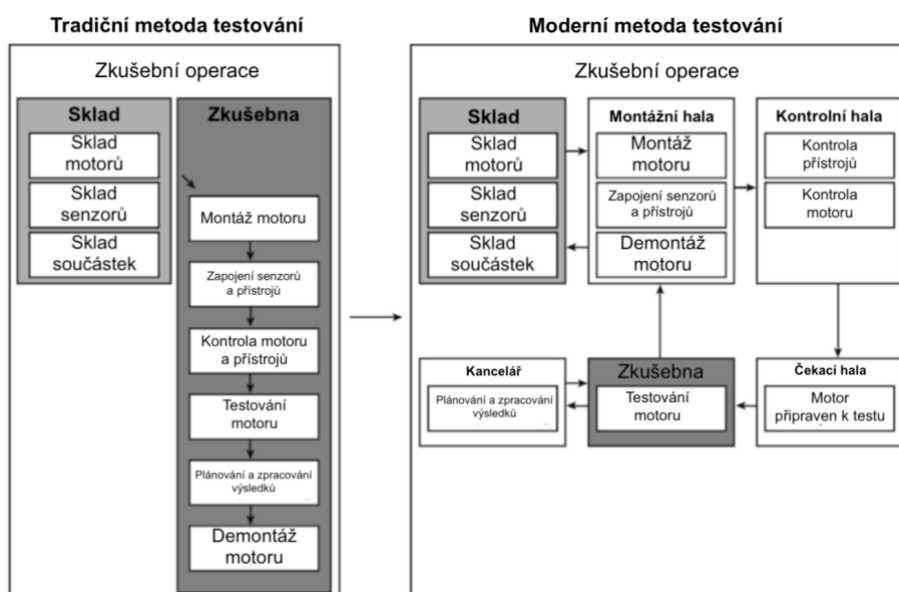
Konstrukčně je navržen velice podobně jako paletový systém pro manuální dokování. Systém pro automatické dokování je navíc opatřen dokovací deskou, která umožňuje automatické a bezúkapové propojení veškerých potřebných medií. Upínací a podpěrný systém pomáhají fixovat paletu na základovou desku. Systém doplňuje kontrolní jednotka, které zpracovává jednotlivé úkony.

Při automatickém dokování je paletový systém dopraven na testovací stanoviště pomocí vysokozdvížného vozíku, kde je předstředěn a následně ručně nasunut do jeho finální polohy. Po dosažení finální polohy se pomocí kontrolní jednotky pneumaticky zajistí upínací prvky, připojí se potřebná média a dojde ke spojení hřídele a výfukového systému. [2]

3.3.3 Výhody použití paletového systému

Jak jsem již zmínil v úvodu, chod testovacího stanoviště je finančně velice nákladný. Z ekonomického hlediska proto není výhodné, aby byla zkušebna po celou dobu ustavování nové testované jednotky mimo provoz. Vyřešení veškerých problémů, které během procesu montáže nastanou, může trvat i několik dní, během kterých není testovací stanoviště vůbec využíváno.

Pro zkrácení montážních časů, přímo na zkušebně, se v moderních testovacích zařízeních běžně používají právě paletové systémy. Ty slouží k rychlé výměně testovaných jednotek na zkušebním stanovišti. Díky možnosti přesunu většiny montážních a přípravných operací mimo zkušebnu, dojde k zjednodušení a zefektivnění celého testovacího procesu. Na Obr.5 je přehledně vidět, k jak velké redukci úkonů, prováděných přímo na testovacím stanovišti dojde, v případě použití paletového systému. [1], [2], [3], [4]

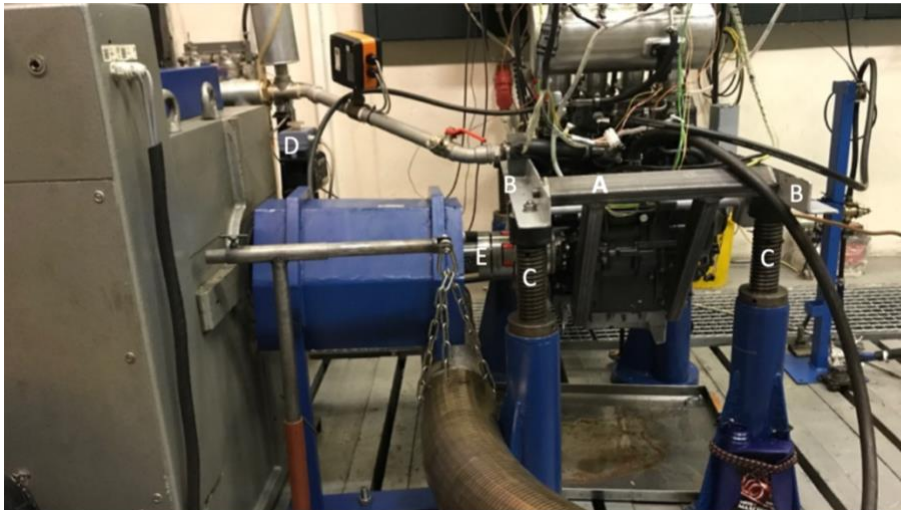


Obr. 5 – Srovnání testovacího procesu tradičního a moderního testovacího zařízení [2] (přeloženo)

4 Analýza zkušebny Juliska

4.1 Současný stav zkušebního stanoviště č.4

V současné době je na zkušebním stanovišti instalován motor, vozu projektu Formula Student, YAMAHA YTF-R6. Ten je pevně uchycen za rám motoru (A) na dva L-profilů (B), které jsou pružně uloženy na výškově nastavitelných podpěrách (C). Do motoru je zavedena přes protiproudý výměník (D) chladicí kapalina ze zkušebny a palivo. Klikový hřídel motoru je s dynamometrem propojen přes hřídelovou spojku (E).



Obr. 6 – Současný stav zkušebního stanoviště č.4

4.2 Přehled dynamometrů

S ohledem na finanční nákladnost paletových systémů je vhodné, aby měl pro danou zkušebnu či laboratoř co nejširší možné využití. Proto jsem provedl shrnutí veškerých dynamometrů, které se v této době nacházejí v prostorách laboratoří na Julisce a zvažil, zda by byla možnost využití navrhovaného paletovaného systému nejen na zadané stanoviště č. 4, ale i pro jiný zkušební stav.

Dynamometr	Max. výkon [kW]	Max. otáčky [min ⁻¹]	Osová výška [mm]
ASD 440K-04	440	6 000	680
SDG 225 KM5	247	3 000	650
KS 56B - 4	280	2 800	660
THD/056		10 000	560
1 DS 736V	95,5	7 000	560

Tab. 1 – Přehled dynamometrů ve zkušebnách Juliska

Zadaným dynamometrem je dynamometr 1 DS 736V. Na tomto dynamometru jsou testovány motory s menším výkonem při velkém rozsahu provozních otáček.

ASD440K-04, SDG 225 KM5 a KS 56B-4 jsou dynamometry určeny pro testování velkých vznětových motorů s velkým výkonem při menším rozsahu otáček, než je tomu u zadaného dynamometru. Paletový systém pro tyto motory by musel být dimenzován na mnohem větší hmotnosti, než je uvažovaný motor

YAMAHA YTF-R6. Z tohoto důvodu není vhodné tyto tři dynamometry při návrhu uvažovat.

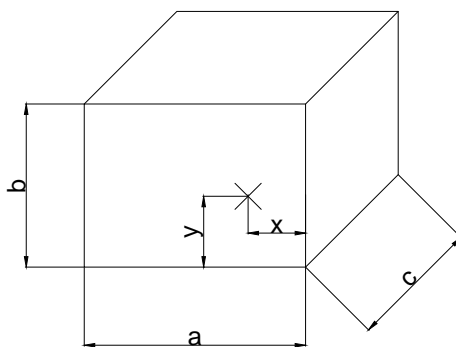
THD/056 pracuje na principu vířivých proudů. Z *Tab.1* je patrné, že tento dynamometr je svými parametry nejpodobnější tomu zadanému. Rovněž je určen pro testování motorů o menších výkonech při velkém rozsahu otáček. S 1 DS 736V má také shodnou osovou výšku. Díky podobnosti těchto dvou dynamometrů, by se dalo uvažovat o použití paletového systému i na toto zkušební stanoviště. THD/056 je ale velmi zastaralý a bude odstaven z provozu, proto bude při návrhu brát v úvahu pouze zadaný dynamometr 1 DS 736V.

4.3 Uvažované motory

Jak bylo uvedeno v předchozích bodu, při návrhu paletového systému bude brán v potaz pouze zadaný dynamometr. Aby byla možnost paletový systém na zkušebně využít pro široké spektrum spalovacích motorů výkonově odpovídajícím tomuto dynamometru, byly změřeny základní rozměry několika referenčních motorů jako výchozí podklad pro tvorbu paletového vozíku. Přehled těchto motorů je uveden v *Tab.2*.

Motor	Rozměry (a*b*c) [mm]	Poloha osy hřídele (x*y) [mm]	Výkon [mm]
Yamaha YTF-R6	660 * 900 * 380	150 * 100	95
Škoda 781.135B	270 * 550 * 400	130 * 220	56
1,9 TDI Audi	400 * 660 * 650	200 * 190	85
Motor z koncernu VW	550 * 670 * 580	270 * 220	

Tab. 2 – Přehled uvažovaných motorů



Obr. 7 – Schéma s obecnými rozměry motoru

Na *Obr.7* jsou schematicky zobrazeny obecné rozměry motoru, uvedené v *Tab.2*. Pro návrh paletového systému je důležitý rozměr “a”, určující šířku motoru, a hlavně parametr “y”. Ten udává polohu osy klikového hřídele motoru vůči nejnižšímu bodu motoru – dna vany.

5 Návrh jednotlivých komponent

V této kapitole bude popsán postup při návrhu všech komponent paletového systému. Budou uvedeny omezující faktory jednotlivých součástí, dle kterých se celý návrh odvíjel a porovnání výhod uvažovaných variant řešení.

5.1 Rám

Rám je základní nosnou konstrukcí celého paletového systému. Jsou na něm uchyceny veškeré komponenty. Proto je nutné zajistit dostatečnou tuhost konstrukce. Zároveň by měl být co nejlehčí, aby byla umožněna pohodlná manipulace paletového systému na zkušebním stanovišti. Dále je potřeba umožnit nastavitelnost podpěr, na kterých je uchycen testovaný motor, ve všech potřebných směrech.

5.1.1 Rozměrová omezení

5.1.1.1 Omezení šířky

Hlavním faktorem, omezující šířku paletového systému, a tedy i šířku rámu, je dostupnost místností, kde se bude obsluha s paletovým systémem pohybovat. Rozhodující jsou tedy velikosti vstupních dveří, kterými bude potřeba projet z místa, kde bude motor nainstalován, do místnosti, kde bude probíhat samotné testování.

Za předpokladu instalace motoru v dílně hlavního mechanika, je kritickým bodem právě vstup do této dílny, kde jsou klasické vstupní dveře o šířce 770 mm. V případě montáže v jiném testovacích boxu, či dílně, je dostupnost testovacího stanoviště mnohem lepší. Díky dvojitým dveřím mezi jednotlivými zkušebnami, je prostor pro průjezd dostatečný a pro tento případ je omezení šířky takřka irelevantní.

Při instalaci je potřeba motor umístit tak, aby osa klikového hřídele byla totožná s osou paletového systému. V případě montáže motoru v dílně hlavního mechanika by s ohledem na uvažované motory (Tab.2), nebylo možné tohoto dosáhnout a následně projet vstupními dveřmi této dílny. Po dohodě s vedoucím práce bude, z tohoto důvodu, při návrhu předpokládána montáž motoru v jiném zkušebním boxu či dílně.

5.1.1.2 Omezení výšková

Minimální světlá výška je dána výškou prahů. Pro případ palety, která je transportována pomocí nízkozdvíhacího vozíku, se není třeba tímto omezením při návrhu zabývat. V případě vozíku, který má vlastní pojezdový systém, je nutné zvolit světlou výšku pojezdových kladek tak, aby byly schopny překonat prahy a veškeré další nerovnosti v prostorách laboratoří.

Maximální výška rámu, po ustavení na testovací stanoviště, je dána už zmiňovaným parametrem "y" (Tab.2), který udává polohu dna vany motoru vůči poloze osy klikového hřídele. Pro každý motor je tento parametr, a tedy i maximální

výška rámu, odlišný. V úvahu bude brána nejnižší možná varianta, která je 340 mm (Tab.3) pro motor Škoda 781.135B a motor z koncernu VW.

5.1.1.3 Omezení délková

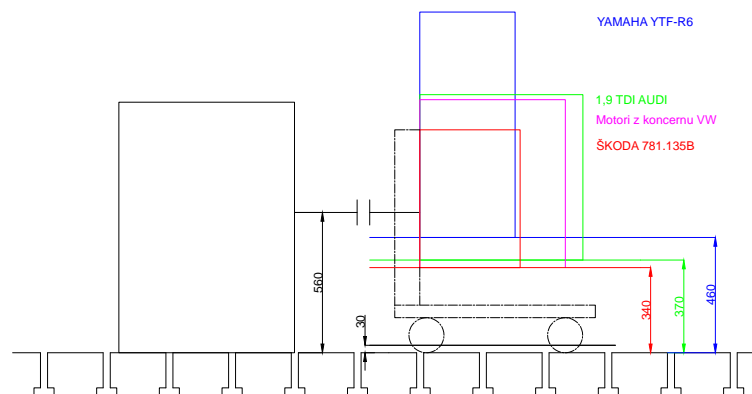
Minimální délka rámu je určena délkou vybraných motorů, tedy rozměrem "c" z Tab.2. Maximální délka není ničím zásadně omezena.

5.1.1.1 Shrnutí

Z předchozích kapitol plynou rozměrová kritéria, které musí paletový systém splňovat. Šířková omezení při návrhu rámu nejsou rozhodujícím faktorem, díky volbě montáže motoru na jiném zkušebním stanovišti či dílně. Maximální šířka je 1500 mm, což pro vybrané motory nečiní zásadní problém. Při zvolení vlastního pojezdového systému je nutno brát v úvahu minimální světlou výšku 30 mm. Nejdůležitějším rozměrovým omezením je maximální výška rámu. Je třeba pohlídat, aby rám paletového systému, po usazení na testovací stanoviště, nepřekročil výšku 340 mm. V opačném případě by mohlo dojít ke kontaktu motoru s rámem a nebylo by možné paletový systém použít pro testování daného motoru.

Omezení	[mm]
Šířková	X
<ul style="list-style-type: none"> • Montáž v dílně hlavního mechanika • Montáž v jiném boxu/dílně 	770 1500
Výšková	X
<ul style="list-style-type: none"> • Minimální světlá výška • Max. výška rámu <ul style="list-style-type: none"> ○ Yamaha YTF-R6 ○ Škoda 781.135B ○ 1,9 TDI Audi ○ 4 – válec koncern 	30 460 340 370 340
Délková	X
<ul style="list-style-type: none"> • Minimální délka rámu <ul style="list-style-type: none"> ○ Yamaha YTF-R6 ○ Škoda 781.135B ○ 1,9 TDI Audi ○ 4 – válec koncern 	380 400 650 580

Tab. 3 – Přehled rozměrových omezení rámu



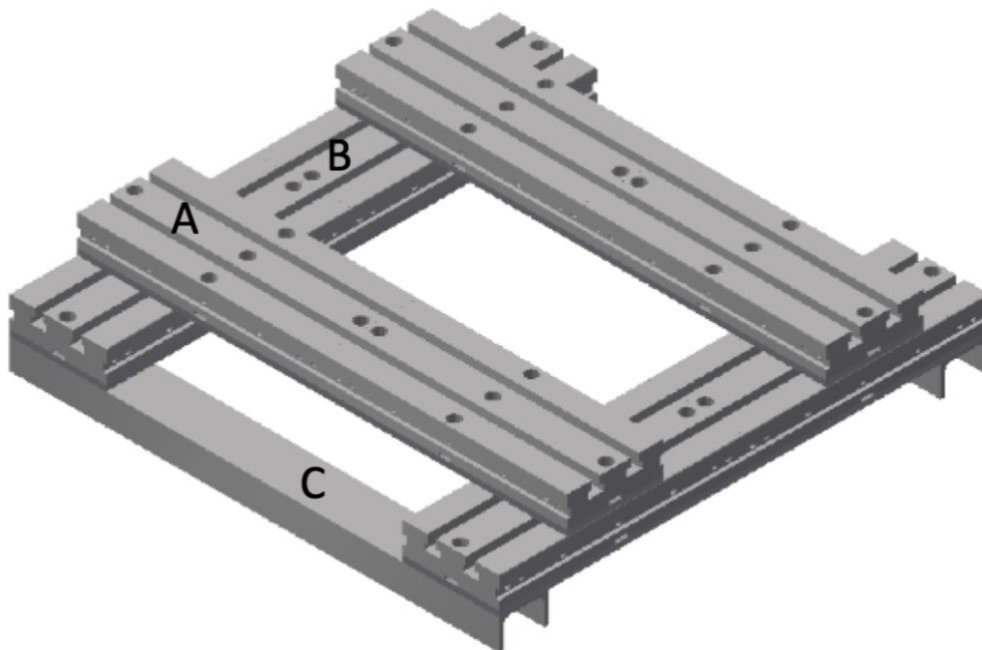
Obr. 8 – Základní soustava pro návrh rámu

5.1.2 První koncept rámu

Při prvním návrhu byl záměr sestavit rám čistě z kupovaných komponent. Pohyb v obou směrech je zajištěn deskami se dvěma T-drážkami od firmy KIPP. Tyto desky mají délku pouze 400 mm, z tohoto důvodu jsou vždy použity desky dvě, které jsou spojeny přivařením na ocelový plát.

Desky jsou sestaveny do dvou pater. Spodní patro (B) zajišťuje nastavitelnost ve směru podélném. Na deskách spodního patra jsou pohyblivě umístěny desky patra horního (A). Toto patro zajišťuje nastavení ve směru příčném.

Zespod jsou ke spodnímu ocelovému plátu přivařeny U – profily (C), které zvyšují tuhost celé konstrukce.



Obr. 9 – První koncept konstrukce rámu

Tento koncept rámu má výšku 120 mm. Z toho plyne rezerva 220 mm pro velikost podstav, na kterém bude rám usazen na testovacím stanovišti, což je dostačující. Podmínku maximální výšky tedy tato varianta splňuje. Rovněž splňuje podmínku nastavitelnost ve všech potřebných směrech a tato konstrukce by měla dosahovat dostatečné tuhosti bez potřeby následného vyztužení. Veškeré díly této konstrukce budou nakupovány, tudíž je tato varianta výhodná i z ekonomického hlediska.

Problémem této konstrukce je její hmotnost. Zvolené desky jsou velmi masivní, jedna deska váží 21 kg. Celková hmotnost samotného rámu je 190 kg.

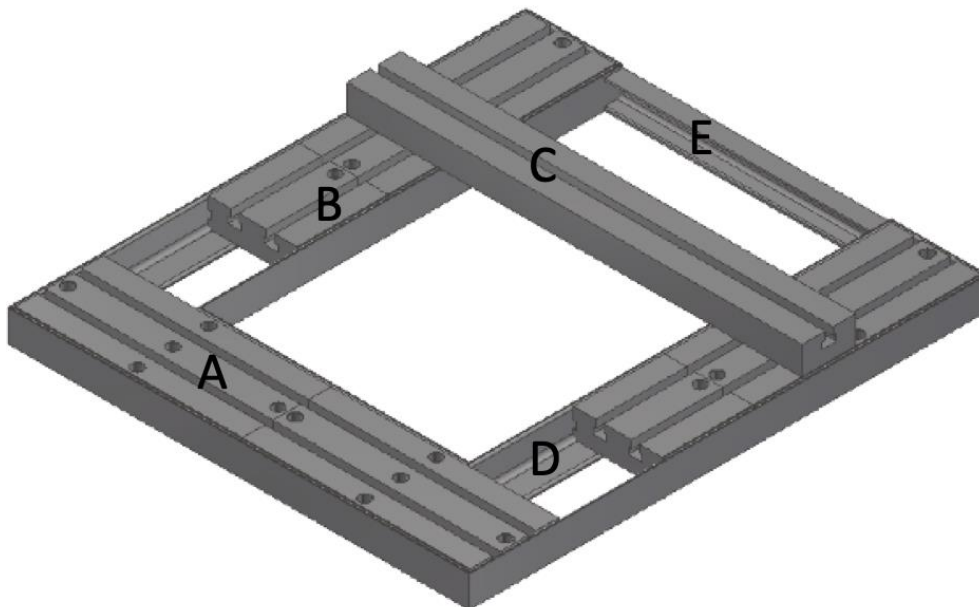
Tento koncept vyhovuje všem rozměrovým omezením i požadavkům na nastavitelnost a tuhost. Konstrukce je ovšem příliš těžká, což by značně ztížilo manipulaci paletovým systémem po zkušebním stanovišti. Z tohoto důvodu je první koncept nevyhovující, i přesto, že je tato varianta ekonomicky výhodná.

5.1.3 Druhý koncept rámu

Hlavním problémem prvního konceptu byla jeho velká hmotnost. Je tedy nutné navrženou konstrukci odlehčit a zároveň zachovat tuhost a požadovanou polohovatelnost.

Není zapotřebí, aby obě řady podpěr motoru byly nastavitelné v obou dvou směrech. Z tohoto důvodu jsou přední desky s T-drážkami (A) umístěny ve fixní poloze a zajišťují už pouze nastavení v příčném směru předních podpěr. Toto umožní zkrácení podélných desek s T-drážkami (B), které jsou v prvním konceptu po celé délce. To přinese další podstatnou úsporu hmotnosti. Dále byly vyměněny desky se dvěma T-drážkami horního patra za jednodušší a lehčí desku s jednou T-drážkou (C). Nastavitelnost zadních podpěr je zachována jak v příčném, tak i v podélném směru. Deska s jednou T-drážkou (C) již nebude kupovaná, ale bude se vyrábět.

Desky (A), (B) jsou přivařeny na nosný rám, který je svařen z L-profilů (D) a spojen přivařením U – profilu (E) v zadní části rámu.



Obr. 10 – Druhý koncept konstrukce rámu

Tento koncept rámu je ještě nižší než původní – celková výška činí *106 mm*. Podmínku maximální výšky tedy opět splňuje. Díky úpravám byla snížena celková hmotnost rámu na *155 kg*. I přes provedené změny byla zachována nastavitelnost ve všech potřebných směrech.

Je zřejmé, že tato konstrukce bude mít menší tuhost. Proto bude nutné provést dodatečné vyztužení konstrukce, v případě zvolení tohoto konceptu.

Z ekonomického hlediska je ale tato varianta velmi nepraktická. Není potřeba použití dvou T – drážek a jelikož už bude vyráběna jedna deska s T – drážkou (C), není důvod, proč by se tímto způsobem nemohly vyrobit i zbylé desky (A), (B) rámu.

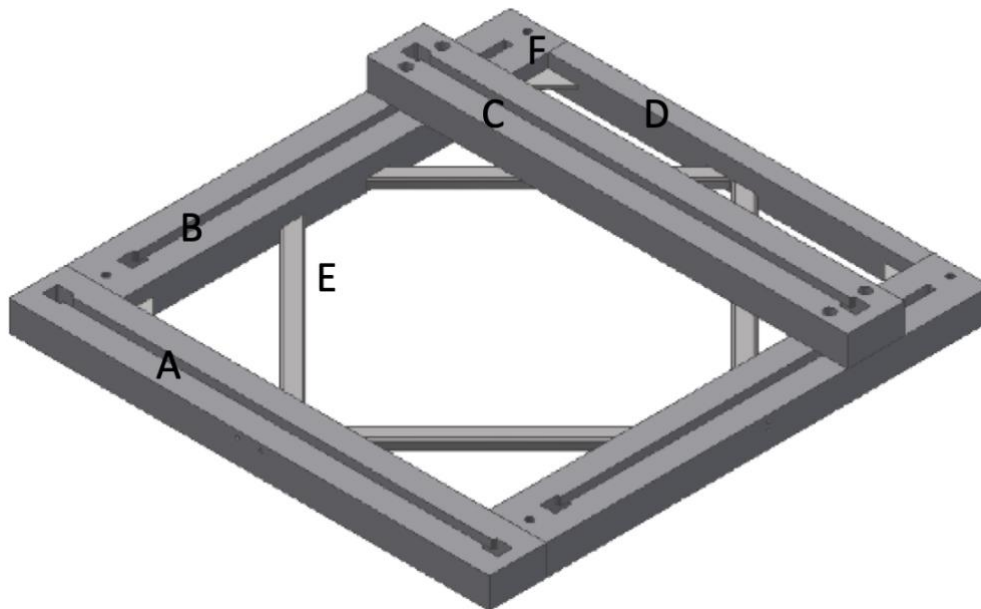
5.1.4 Třetí koncept rámu

V tomto konceptu jsou použity pouze desky s jednou T – drážkou. Ty budou vyráběny, nikoliv kupovány, jak tomu bylo ve dvou předešlých konceptech.

Přední deska (A) je stejně jako ve druhém návrhu ve fixní poloze a zajišťuje nastavitelnost pouze ve směru příčném. Tím, že byla použita lehčí deska s jednou T – drážkou, bylo dosaženo úspory hmotnosti. Samotná T – drážka tak může využít celé délky konstrukce.

Zadní podpěry jsou umístěny na horní desce (C), která zajišťuje jejich přímé nastavení v příčném směru. Díky své pohyblivosti horní desky po spodních deskách (B), umožňuje nastavitelnost jak v příčném, tak podélném směru.

Rám je v zadní části spojen svařením U – profilu (D) stejně, jako ve druhém konceptu. Pro dosažení dostatečné tuhosti je rám vyztužen obdélníkovými profily (E). Dále je v rozích provedeno vyztužení svarů (F).



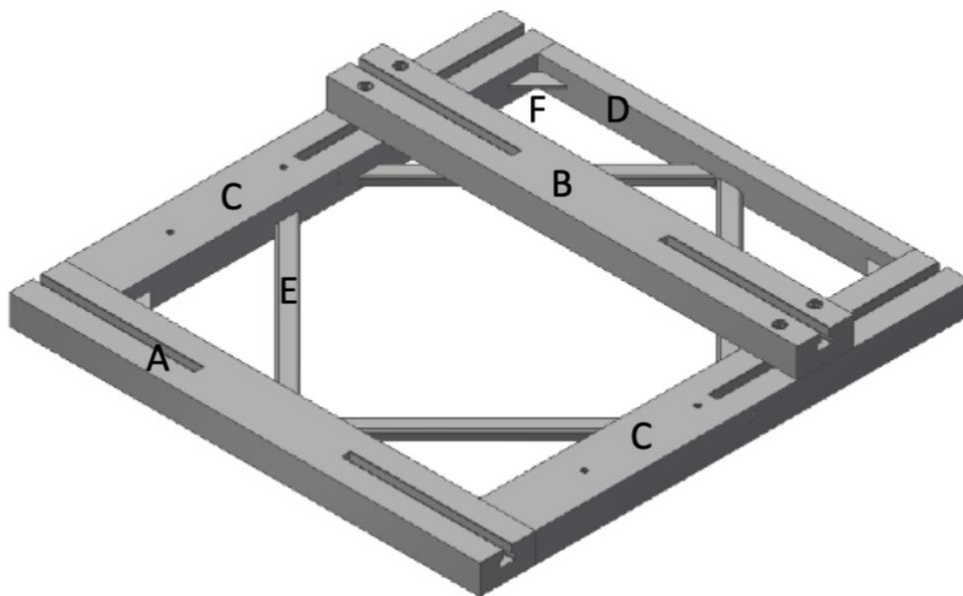
Obr. 11 – Třetí koncept konstrukce rámu

Tento koncept je nejnižší – 100 mm. Díky nahrazení masivních desek se dvěma T – drážkami jednoduchými deskami pouze s jednou T – drážkou, došlo k velké úspoře hmotnosti. Třetí koncept rámu váží 110 kg, což je o 80 kg méně než původním návrh. Dodatečným vyztužením bylo dosaženo dostatečné tuhosti konstrukce.

5.1.5 Finální návrh rámu

Finální návrh rámu je založen na třetím konceptu. Byly provedeny jen malé úpravy, které z hlediska technologičnosti výrobu zjednoduší a především zlevní. Upraveny byly délky T – drážek jednotlivých desek. S ohledem na uvažované motory není potřebné, aby byla nastavitelnost po celé délce. T – drážka v příčném směru (A), (B) již nebude po celé délce desky, nýbrž budou vyfrézovány dvě drážky o délce 275 mm od okrajů. Podélná T – drážka (C) bude zkrácena. Nyní bude měřit 390 mm od okraje.

Spojení pomocí U – profilu (D) a vyztužení konstrukce (E), (F) je provedeno stejně, jako u třetího konceptu.



Obr. 12 – Finální návrh konstrukce rámu

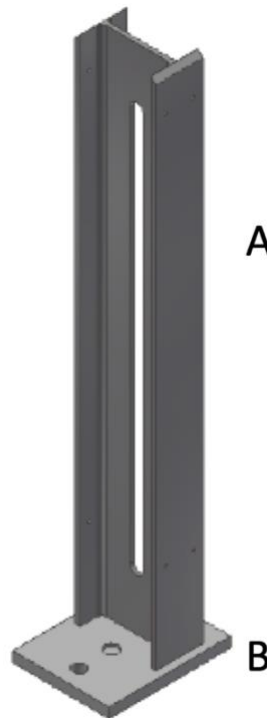
Finální návrh má stejnou výšku a hmotnost jako třetí koncept. Liší se pouze rozměry T – drážek. Provedené úpravy částečně omezily nastavitelnost, avšak k účelu využívání paletového systému je rozsah plně dostačující.

5.2 Stojny

Dalším důležitým prvkem konstrukce jsou stojny. Na nich je uchycen přípravek s testovaným motorem. Z tohoto důvodu je velice důležité, aby byly dostatečně tuhé a zároveň stabilní. Jsou umístěny na příčně orientovaných deskách rámu. T – drážky zajišťují jejich polohovatelnost v příčném směru.

5.2.1 Základní konstrukce

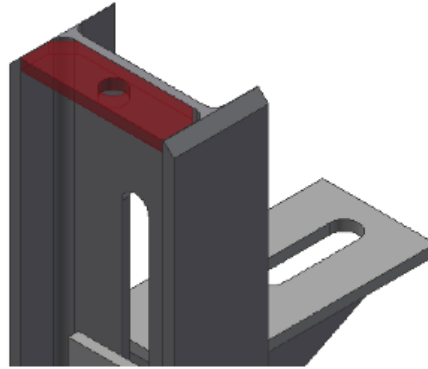
Pro výrobu všech stojen byl zvolen profil IPE 80 dle normy ČSN 42 553. Tento profil je pro danou aplikaci velice výhodný. Díky svému tvaru má srovnatelnou tuhost s plnými profily o stejných rozměrech, ale má oproti nim výrazně nižší hmotnost. Navíc jeho tvar umožňuje částečné zakrytí pohybového šroubu, kterému je věnována *kapitola 5.2.3*. Do profilu bude vyfrézována drážka pro třecí spoj (*kapitola 5.2.4*) zajišťující nastavení výšky. Stojna (A) je přivařena k podkladové desce (B), která bude upevněna pomocí šroubů do T – drážek příčných desek rámu.



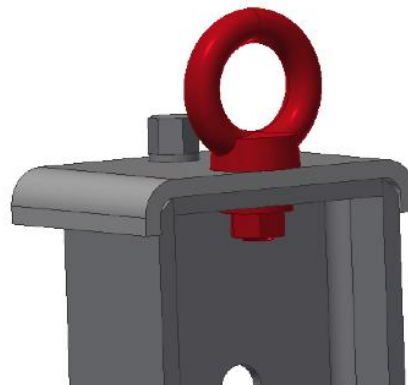
Obr. 13 – Základní svařenec stojny (A) a podkladové desky (B)

Délka profilů pro přední a zadní stojny se liší. Protože jsou zadní stojny umístěny na pohyblivé desce s T – drážkou, která zajišťuje nastavitelnost v podélném i příčném směru, jsou oproti přední dvojici kratší o výšku této desky.

K horní části stojny je přivařena deska (*Obr.14*), sloužící k uchycení šroubu s okem (*Obr.15*). Pomocí těchto šroubů bude možnost uchycení paletového systému jeřábem. Pozice těchto šroubů zamezí kontaktu lana jeřábu s komponentami paletového systému.



Obr. 14 – Deska



Obr. 15 – Šroub s okem

5.2.2 Výšková nastavitelnost

Jelikož je paletový systém navrhován pro testování více spalovacích motorů, je nutné, aby umožnil změnu polohy ve všech osách. Rám (*kapitola 5.1*) umožňuje nastavení polohy ve směru příčném a podélném. Polohování ve vertikálním směru je poté zajištěno stojnami. Rozsah výškového nastavení vychází z rozměrů vybraných motorů (*Tab.2*). S určitou rezervou je rozmezí vertikálního polohování 285-740 mm.

Jak již bylo zmíněno, při montáži je nutné přesné zajištění souososti. Při konečném seřizování polohy motoru, které může probíhat až na samotném testovacím stanovišti, hraje hlavní roli právě nastavení ve vertikálním směru. Z tohoto důvodu je potřeba, aby byl v tomto směru zajištěno přesnější řízení posuvu a bylo možné co nejjednodušeji dosáhnout požadované souososti. Přesnější řízení posuvu bude dosaženo pomocí pohybového šroubu.

5.2.3 Pohybový šroub

Pohybové šrouby jsou, díky své cenové dostupnosti a jednoduché montáži, často používanými konstrukčními prvky, které slouží k přenosu rotačního pohybu na pohyb lineární. Pohybové šrouby se dělí na kuličkové (*kapitola 5.2.3.1*) a trapézové (*kapitola 5.2.3.2*). [5], [6]

5.2.3.1 Kuličkové šrouby

Převod pohybu rotačního na lineární, je zajištěn valivými elementy – kuličkami, které jsou umístěny v matici. Kuličkové šrouby nejsou samosvorné, tudíž mají kuličkové šrouby vysokou účinnost. Dále se vyznačují vysokou tuhostí, přesností a trvanlivostí. [5], [6]

5.2.3.2 Trapézové šrouby

Trapézové šrouby s rovnoramenným lichoběžníkovým závitem slouží k samosvornému přenosu pohybu. Jeho nevýhodou je nízká účinnost, která je daná kluzným třením funkčních ploch jeho profilu, mazáním a použitým materiálem, a nutnost zajištění konstrukčního vymezení vůle mezi šroubem a maticí. Šrouby jsou vhodné pro axiální zatížení. Jejich výhodou je jednoduchá konstrukce a nízká pořizovací cena. [5], [6]

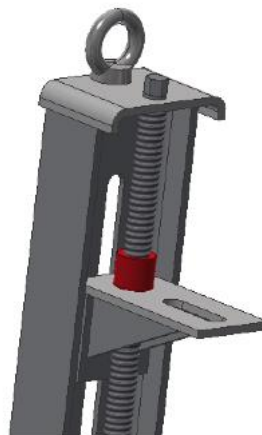
5.2.3.3 Návrh pohybového šroubu

Pohybový šroub nebude používán k přenosu velkých momentů, ani vysokých otáček a také není zapotřebí vysoká účinnost, kterou by zajistil kuličkový šroub. Proto je pro danou aplikaci plně dostačující šroub trapézový. Rovněž je v tomto případě výhodou jeho samosvornost, která pomůže upevnit motor v dané poloze.

Trapézový šroub bude vybrán od firmy *KSK Precise Motion*. Velikost a rozteč šroubu je navržena dle vztahu (1) z katalogu výrobce [6].

$$(1) p = \frac{F}{(0,75 \times \pi d_s \times (d - d_s) \times \frac{H}{P})} \leq p_{dov}$$

Byl zvolen kluzný pohybový šroub KSK – Tr 16x4 a matice o délce 20 mm. Tento šroub a matice vyhovují maximálnímu dovolenému tlaku ze vztahu (1).

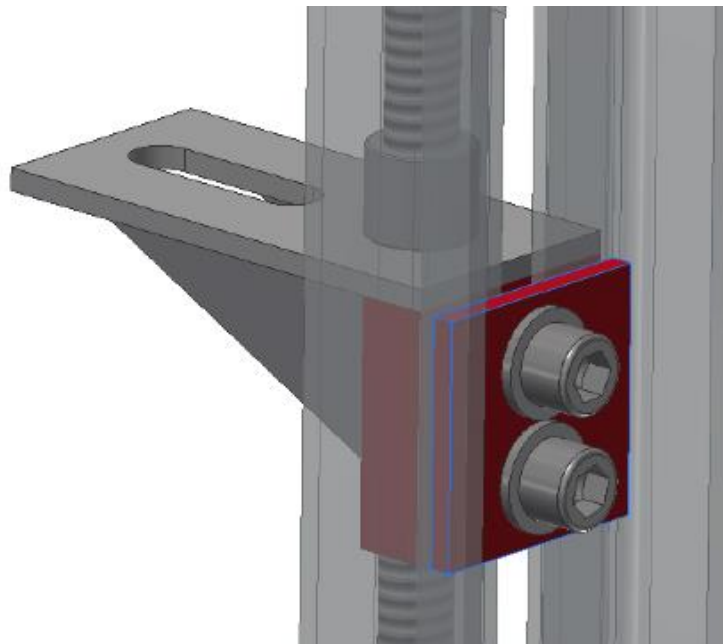


Obr. 16 – Pohybová matice (červeně) s pohybovým šroubem

5.2.4 Zajištění výškového nastavení

Pomocí kluzného šroubu bude nastavena požadovaná výška. Jakmile se motor dostane do polohy vyhovující k zahájení zkoušky, je třeba ho v této poloze zajistit. Jak bylo zmíněno v kapitole 5.2.3.3, zvolený pohybový šroub je samosvorný. Samosvornost šroubu bude při zajištění polohy nápomocna, avšak samotný šroub motor neudrží.

Poloha bude napevno zajištěna třecím spojem. Ten se skládá ze svařené konzole, kterou prochází pohybový šroub. K této konzoli je přivařena pohybová matice. Na opačné straně stojny je deska, která tvoří druhou část třecího spoje. Utažením šroubu vznikne tření mezi deskou a plochou stojny. Tím bude motor zajištěn v požadované poloze.



Obr. 17 – Třecí spoj

5.3 Pojezdový mechanismus

V kapitole 3.3 bylo řečeno, že je možné paletové systémy rozdělit na vozíky, které mají vlastní pojezdový systém, a palety, které ho nemají.

Při použití palety je nutné zajistit její přepravu z montážní dílny na testovací stanoviště. Ve většině zařízeních jsou použity k přepravě nízkozdvíhací či vysokozdvíhací vozíky. Ty potřebují větší prostory na zkušebně, aby bylo možné s paletou při přepravě pohodlně manipulovat.

Paletový vozík má ve srovnání s paletou složitější konstrukci. Díky vlastnímu pojezdovému systému, se dokáže pohybovat ve stísněnějších prostorách, než je tomu u palety.

Jelikož prostory zkušebny Juliska jsou relativně malé, byl i přes složitější konstrukci zvolen paletový vozík.

5.3.1 Omezující parametry

Rozhodující parametr, který bude při výběru koleček uvažován, je hmotnost celého paletového systému, včetně motoru a veškerých kapalin v něm. Hmotnost motoru bude proto odhadnuta a brána, i s ohledem na bezpečnost, s určitou rezervou.

Rovněž je také nutné brát v úvahu minimální potřebnou světlou výšku (Tab.3) pro bezproblémový pohyb po prostorách zkušebny.

Komponenta	Hmotnost [kg]	Počet [ks]	Σ [kg]
Rám	110	1	110
Stojna 500	6	2	12
Stojna 550	6,25	2	12,5
Motor	150	1	150
Celkem			274,5

Tab. 4 – Přehled hmotností důležitých komponent

Celková hmotnost paletového systému (Tab.4) je 274,5 kg. Vozíček bude muset cestou na zkušební stanoviště přejet několik prahů a povrch v laboratořích není vždy dokonale hladký. Při návrhu je nutné počítat s případem, kdy v jeden moment může být celá váha nesena pouze dvěma kolečky. Z tohoto důvodu budou zvolena kolečka, která mají větší únosnost, než je hmotnost celého paletového systému.

5.3.2 Volba pojezdových kladek

Dle omezujících parametrů (Kap. 5.3.1), byla zvolena kolečka řady 95040 od firmy NORELEM. Jsou zvláště odolná vůči nárazům, rázům a vůči otěru. Důležitým parametrem je jejich světlá výška, která je 140 mm, a nosnost, 500 kg. Kolečka tedy vyhovují všem požadavkům.

Přední dvojice je s pevnou kladkou (95040-100371), uložena pomocí kluzných ložisek. Zadní dvojice jsou otočná kolečka se 'stop top' (95040-100372), což umožňuje jejich zabrzdění. Uložena opět pomocí kluzných ložisek.



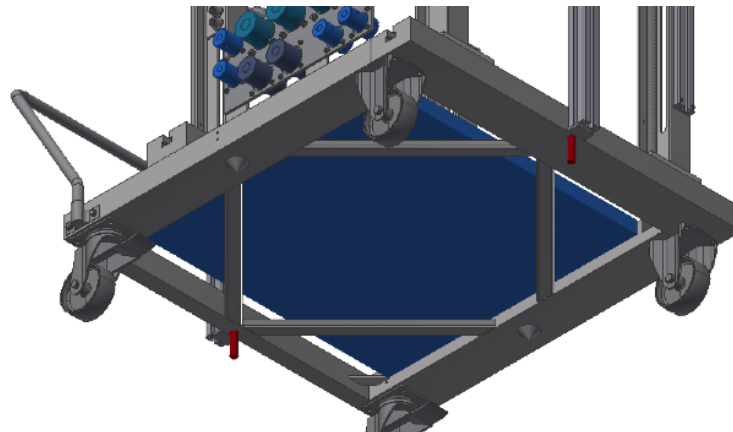
Obr. 18 – Kolečka od firmy norelem [6]

5.4 Polohovací prvky

Už bylo několikrát zmíněno, že jednou z hlavních funkcí paletového systému je zajištění souososti. Také bylo již uvedeno, že pro získání přesných výsledků měření je nutné, aby byly všechny články měřícího řetězce sjednoceny. Je tedy potřeba zajistit jak přesnou polohu testovaného motoru, tak samotného paletového systému na testovacím stanovišti. V opačném případě by použití paletového systému postrádalo smysl, jelikož by se motor musel na testovacím stanovišti opět přestavovat do požadované polohy.

5.4.1 Vodící čep

Čepy jsou přivařeny ke spodní části rámu. Tyto čepy určují přesnou polohu osy paletového systému, a rovněž i klikové hřídele testovacího motoru



Obr. 19 – Vodící čepy

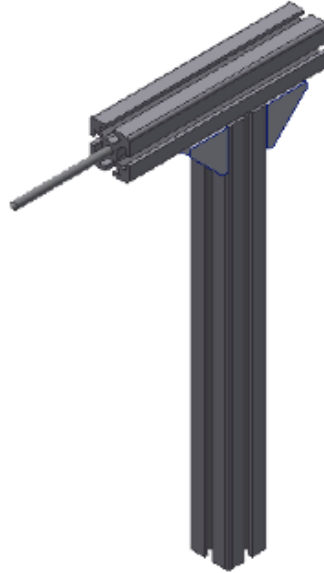
5.4.2 Polohový kužel

Polohové kužely jsou rovněž umístěny na spodní části rámu. K rámu jsou připevněny pomocí stavěcího šroubu M8. Těmito kužely je určena přesná poloha paletového systému v podélném směru.

5.4.3 Středící přípravek

Středící přípravek je zkonstruován ze dvou hliníkových profilů od firmy Alutec a středícího trnu, umístěného ve vodorovném profilu. Je nasunut na konzoli, která je přivařena k rámu. Konzole zajišťuje přesnou polohu přípravku.

Pro zajištění souososti motoru, je středící přípravek jak na straně setrvačníku, tak na straně řemenice.



Obr. 20 – Středící přípravek

5.5 Propojení médií

Dalším urychlením procesu montáže přímo na zkušebně, je předpřipravení propojení veškerých kapalin, potřebných k chodu testovaného spalovacího motoru. Pro tento účel je paletový systém opatřen bezúkapovými rychlospojkami, které slouží právě k rychlému a bezztrátovému propojení médií přímo na testovacím stanovišti.

Při volbě rychlospojek je třeba znát pro danou kapalinu pracovní tlak a teplotu. Dále je nutné zvolit správný materiál těsnění. Přehled chemických a tepelných odolností uvažovaných materiálů těsnění je v katalogu od firmy Hennlich [9]. Pro veškeré kapaliny byly zvoleny bezúkapové rychlospojky řady HCB od firmy Stäubli.



Obr. 21 – Rychlospojka HCB 16 od firmy Stäubli (samec – samice)

5.5.1 Rychlospojka pro chladící

Motor je chlazen směsí etylen – glykolu s vodou. Než se dostane tato směs z okruhu zkušebny do motoru, jde skrz protiproudý výměník s třícestným ventilem a následně přes průtokoměr teče do motoru. Vybraná rychlospojka slouží k propojení okruhu motoru s okruhem tohoto výměníku.

Za běžného provozu se pracovní teploty pohybují okolo 90°C. Při přehřátí motoru je možné, že teplota vystoupá až na 120°C. Minimální teploty, dosaženy např. během zimních měsíců, by neměly na zkušebně klesnout pod 10°C.

Běžný provozní tlak na spalovacích motorech je 1,8 baru. V případě přehřátí motoru, či jiných extrémních podmínek, tlak nepřesáhne hodnotu 3 barů.

Průměr hadice, kterou směs na zkušebně protéká je 1 ¼“.

Zvolena byla rychlospojka HCB 20. Materiál těsnění byl vybrán fluor – kaučuk (FPM), jelikož má dobrou odolnosti vůči chladícím kapalinám a má vyhovující rozsah pracovních teplot.

5.5.2 Rychlospojka pro palivo

Při provozu teplota paliva nepřekračuje hodnotu 40°C.

Podávací čerpadlo může při přiškrcení dosáhnout tlaků až 12 barů.

V případě motoru YAMAHA YTF-R6 je palivem benzin. Jelikož mezi uvažovanými motory jsou i motory vznětové, je potřeba brát v úvahu i naftu.

Průměr hadice přívodu paliva na zkušebně má průměr $\frac{1}{2}$ '.

Zvolena byla rychlospojka HCB 12. Materiál těsnění byl vybrán, jako u chladící kapaliny, fluor – kaučuk (FPM), jelikož má dobrou odolnost vůči uhlovodíkovým palivům a jako jediný materiál těsnění je odolný také vůči motorové naftě.

5.5.3 Rychlospojka pro mazací olej

Tlak studeného mazacího oleje dosahuje až 6 barů.

Na zkušebně se teploty oleje v motoru mohou dostat až ke 160°C.

Pro mazací olej byla zvolena totožná rychlospojka, včetně materiálu těsnění, jako pro palivo, tedy HCB 12 s těsněním FPM.

5.5.4 Rychlospojka pro připojení vody ze zkušebny

Může být použita k chlazení např. mezichladiče stlačeného vzduchu nebo voda pro připojení výměníku topení.

Teploty této vody se nedostanou přes 40°C.

Při odběru např. pitné vody z oběhu se může dosáhnout tlaků až 6 barů.

Pro vodu ze zkušebny byla zvolena rychlospojka HCB 16. Materiálem těsnění byl vybrán etylen – propylen pryž (EPDM).

5.5.5 Shrnutí

Pro motor YAMAHA YTF-R6 je nutné připojení okruhu chlazení a paliva (zvýrazněno v *Tab.5*). Pro případ testování jiných motorů, nebo úpravu stávajícího stanoviště, jsou připraveny další tři přídatné okruhy – mazací olej, voda ze zkušebny a sekundární chlazení.

Přehled vybraných rychlospojek a materiálů těsnění, včetně jejich pracovních tlaků a teplot, je shrnut v *Tab.5*.

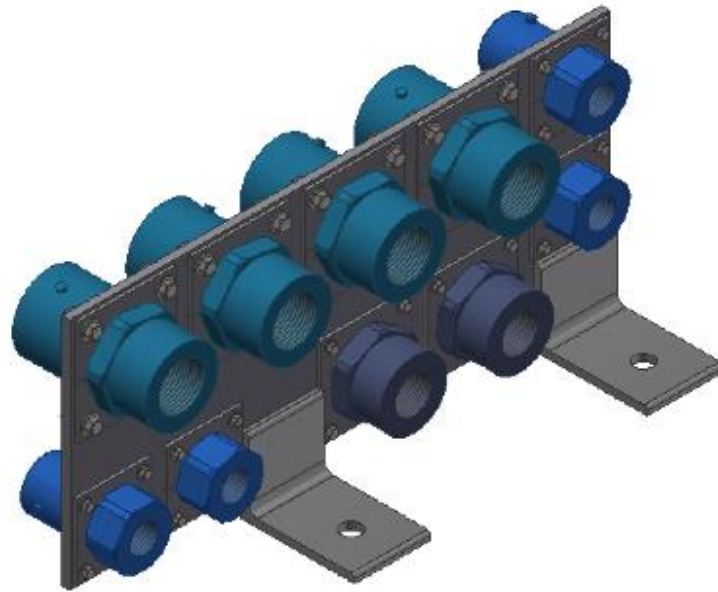
	Chlazení	Palivo	Mazací olej	Voda ze zkušebny	Sekundární chlazení
Teplota [°C]	10 – 120	<40	<160	<40	10 – 120
Tlak [bar]	<3	<12	<8	<6	<3
Poloměr hadice [inch]	1 $\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	1 $\frac{1}{4}$
Rychlospojka	HCB 20	HCB 12	HCB 12	HCB 16	HCB 20
Materiál těsnění	FPM	FPM	FPM	EPDM	FPM
Max. tlak [bar]	50	50	50	50	50
Rozsah pracovních teplot [°C]	-10 - 200	-10 - 200	-10 - 200	-20 – 150	-10 - 200

Tab. 5 – Přehled vybraných rychlospojek a materiálů těsnění

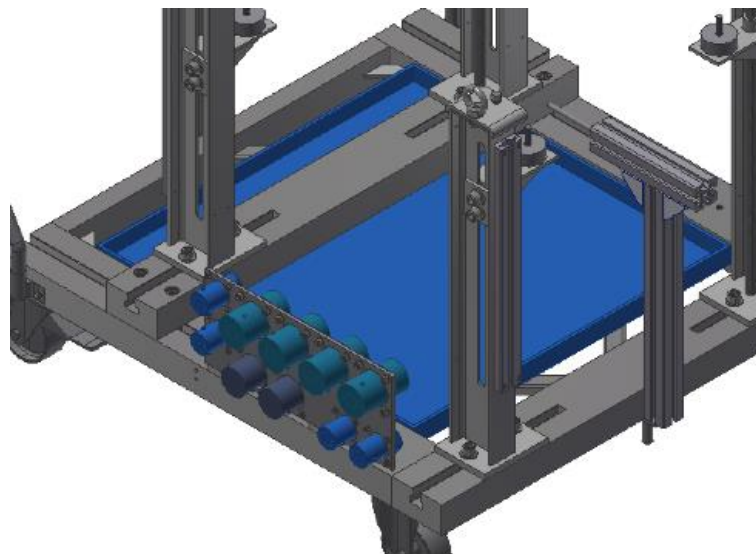
5.5.6 Provedení

Veškeré rychlospojky budou uchyceny k jedné desce. Do této desky budou vyvrtány potřebné otvory pro vybrané rychlospojky. K desce budou přivařeny dvě patky. V těchto patkách budou vyvrtány otvory pro šrouby M12. Celá tato sestava bude přichycena šroubovým spojem k rámu paletového systému.

Jelikož jsou veškeré přívody kapalin na zkušebně umístěny v její pravé části, bude deska s rychlospojkami připevněna k pravé podélné desce s T – drážkami.



Obr. 22 – Deska s rychlospojkami



Obr. 23 – Umístění rychlospojek na rámu paletovém systému

5.6 Kotvící komponenty

Kotvící komponenty musí zajistit pevné a stabilní uchycení paletového systému přímo na zkušebně. Při každé montáži musí být zajištěno upevnění do identické polohy, aniž by bylo nutné provádět jakékoliv korekce či změny. Z tohoto důvodu je nezbytné, aby tyto komponenty obsahovaly polohovací prvky, které zajistí opakovatelnost při umísťování paletového systému do přesně určené polohy.

Navrhovaný paletový systém má vlastní kolečka. Aby bylo dosaženo potřebné stability uchycení, tato kolečka se při finálním ustavení polohy nesmí dotýkat podlahy. Z toho důvodu musí mít podstavy, na kterých bude paletový vozík ukotven, větší výšku, než je světlá výška vybraných koleček.

5.6.1 Návrh kotvících komponent

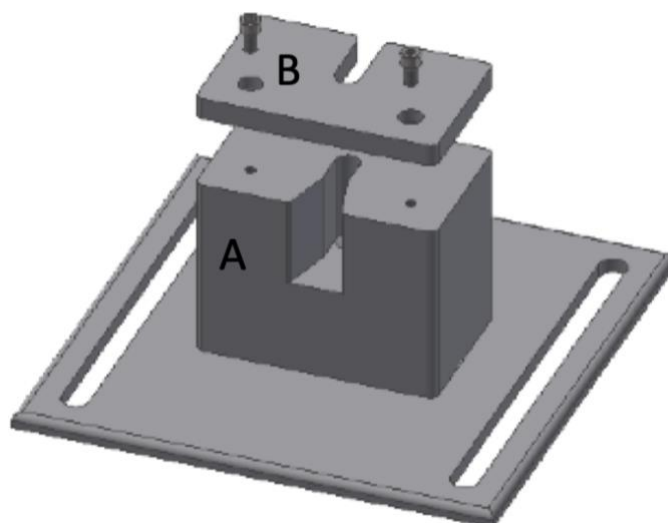
Jak bylo zmíněno v kapitole 5.6.1, požadavkem pro návrh konstrukce kotvících komponent je jejich minimální výška. Ta se odvíjí od světlé výšky koleček (*kap.5.3.2*). Výška *150 mm*. Z toho vyplývá celková výška rámu po umístění na testovací stanoviště – *250 mm*. Tímto je s velkou rezervou splněna podmínka maximální výšky rámu (*Tab.3*).

5.6.1.1 Přední a zadní podstava

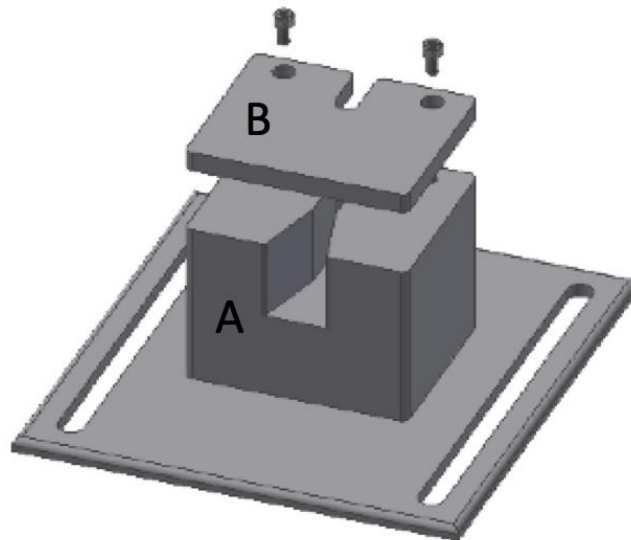
Podstavy jsou složeny ze dvou částí – základní podstavy (A) a podkladové desky (B).

Základní podstava je svařena z desky a hranolu. Do desky jsou vyfrézovány otvory, pomocí kterých je celá podstava uchycena k podlaze. Do hranolu je vyfrézována vodící drážka, která určuje přesnou polohu osy dynamometru. Tato drážka slouží k vedení vodícího čepu (*kap. 5.4.1*). Základní podstava je nižší, aby bylo možné najet čepem do drážky, a tím určit přesnou polohu vůči ose.

Pro dosažení finální polohy je pod paletový systém vsunuta podkladová deska, díky které se dosáhne požadované výšky.



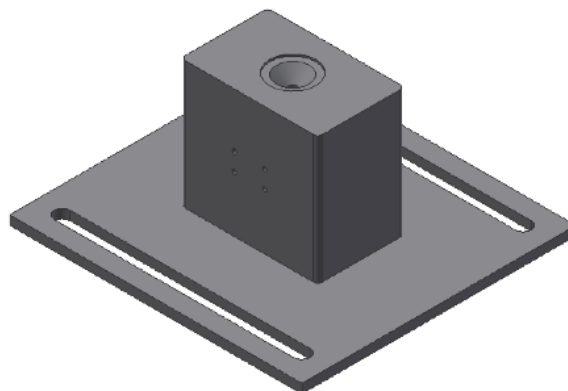
Obr. 24 – Přední postava - sestavení



Obr. 25 – Podstava zadní - sestavení

5.6.1.2 Boční podstava

Boční podstava je složena pouze z jedné části. Základní podstava je, stejně jako u přední a zadní podstavy (*kap.5.6.2.1*), svařena z podkladové desky a hranolu. Do podstavy je rovněž vyfrézován otvor, který slouží k uchycení podstavy k roštu. Na rozdíl od přední a zadní podstavy, není do boční vyfrézována vodící drážka, nýbrž polohový kužel. Tímto kuželem je určena přesná vzdálenost čela paletového systému od dynamometru.



Obr. 26 – Podstava boční

5.6.1.3 Upnutí

Po ustavení paletového systému do finální polohy je nutné jej v této poloze zajistit. K upnutí ke kotvicím prvkům je použit třmenový upínač horizontální s protikusem od firmy KIPP. Upínač je vyroben z nerezové oceli, plastová rukojeť je odolná vůči oleji.

Upnutí probíhá mezi třmenovým upínačem, který je umístěn na bočních podstavách, a protikusem, který je připevněn k podélným deskám rámu. Upínač působí na rám přídržnou silou 4000 N. Jelikož je na každé boční podstavě jeden upínač, celková přídržná síla činí 8 kN.



Obr. 27 – Třmenový upínač s protikusem od firmy KIPP [8]

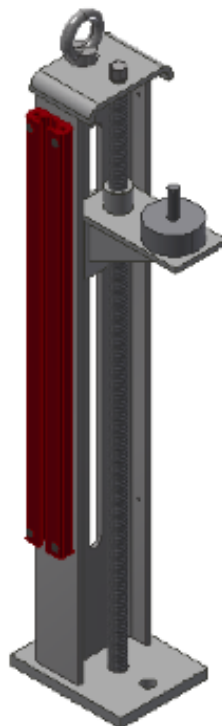
5.7 Přídavné komponenty

5.7.1 Olejová vanička

Na profilech vyztužující rám, bude umístěna plechová vanička. Tato nádoba bude plnit funkci záchytnou funkci pro případ, kdyby z motoru vytekly veškeré kapaliny. Od toho se odvíjí i její objem. V motoru jsou zhruba 4 litry oleje a 8 litrů vody. Vanička má objem 15 l. V případě vytečení veškerých kapalin z motoru je dokáže bezpečně zachytit.

5.7.2 Rozšíření Alutec

Na všechny stojny je připevněn hliníkový profil od firmy Alutec. K tomuto profilu bude možnost přichytit další profily, ke kterým existuje možnost uchycení dalších prvků, např. expanzní nádoby nebo řídicí jednotky motoru.



Obr. 28 – Přichycení profilu Alutec ke stojně

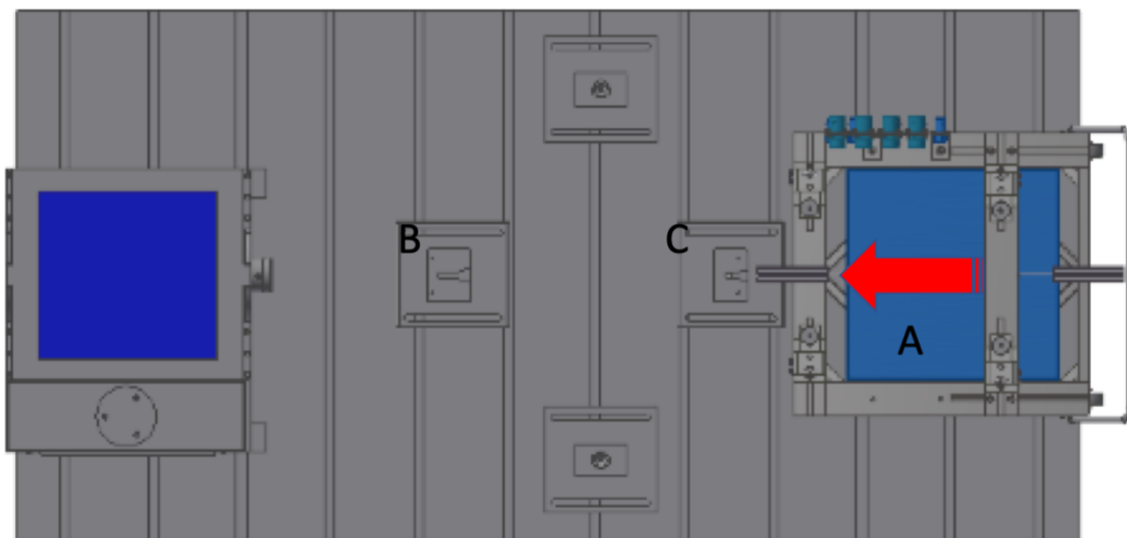
5.8 Postup instalace na stanoviště

V kapitole 5.1.1.1 bylo řečeno, že montáž motoru nebude prováděna na dílně hlavního mechanika, ale v jiném testovacím boxu či dílně, z důvodu jednodušší dostupnosti.

Zde se motor pomocí přípravku, který bude navržen pro každý testovaný motor zvlášť, pružně ustaví na stojny paletového systému. Dále se propojí veškeré kapalinové okruhy k připraveným rychlospojčkám. Rovněž bude provedeno zajištění souososti pomocí navrženého středícího přípravku.

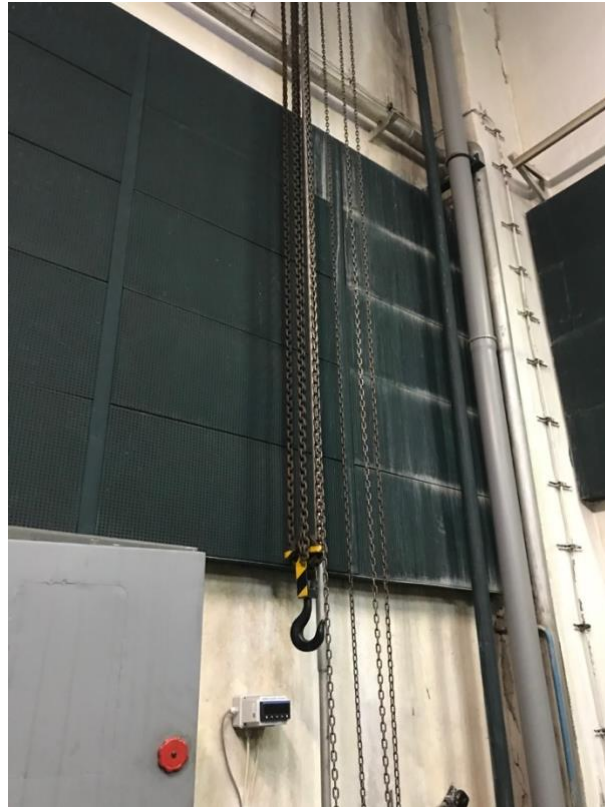
Jakmile je motor správně seřízen, je paleta přemístěna na testovací stanoviště. Jelikož má pojezdový systém, primární způsob přepravy na zkušebnu bude právě pomocí vlastních koleček. V případě potřeby, jsou rozměry navrženy tak, aby bylo možné paletový systém přemístit i pomocí nízkozdvížného vozíku, který rozměrově odpovídá evropským normám.

Přímo na stanovišti se vozík (A) dopraví nad přední a zadní podstavu, které jsou pevně ukotveny k roštu. Obsluha opatrně najede nejprve předním čepem do náběžné drážky v přední podstavě (B). Jakmile se přední čep dostane do místa začátku středící drážky, zadní část vozíku se zkoriguje do polohy, ve které je možné vjet zadním čepem do drážky v zadní podstavě (C). Oba čepy jsou uchyceny ve vodících drážkách a obsluha najede opatrně s vozíkem do koncové polohy vodících drážek. Tímto je zajištěna souosost osy vozíku i klikové hřídele motoru s osou dynamometru.

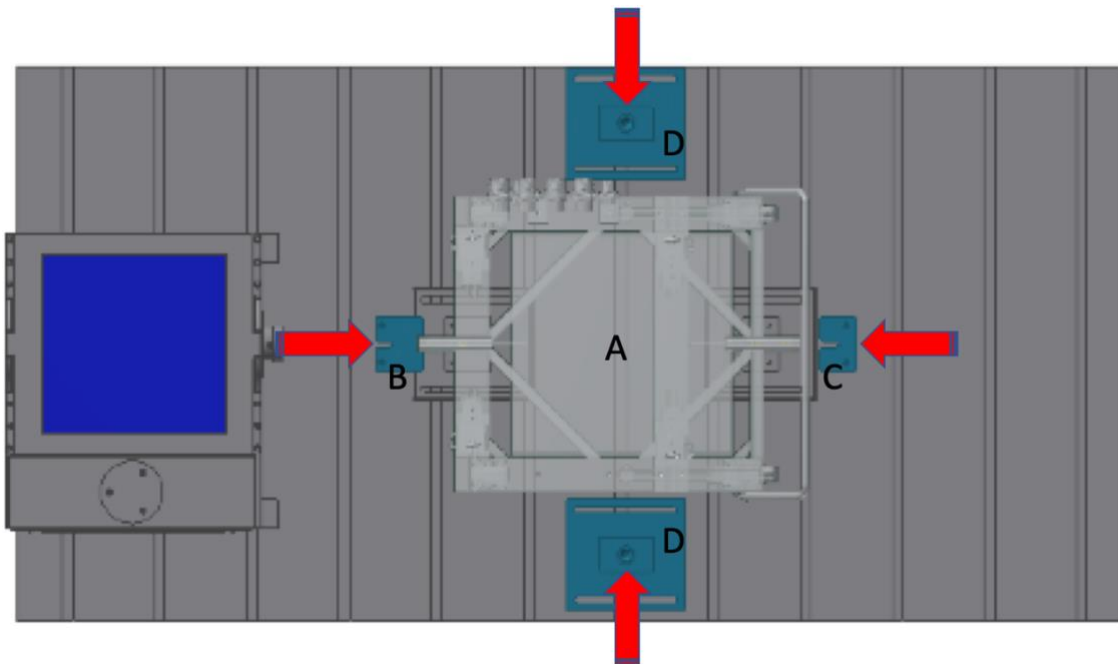


Obr. 29 – Schéma první části procesu montáže systému na zkušební stanoviště

Po dosažení konečné polohy se vozík přichytí za šrouby s oky k jeřábu, který je na zkušebně k dispozici (Obr. 32). V případě manipulace nízkozdvížným vozíkem není jeřáb potřebný. Paletový systém se nadzvedne (A) do výšky (nadzvednutí zhruba o 20 mm), kdy je možné pod něj nasunout pokladové desky (B), (C) a boční podstavu (D). Je důležité, aby byly vodící čepy neustále uchyceny ve středící drážce.



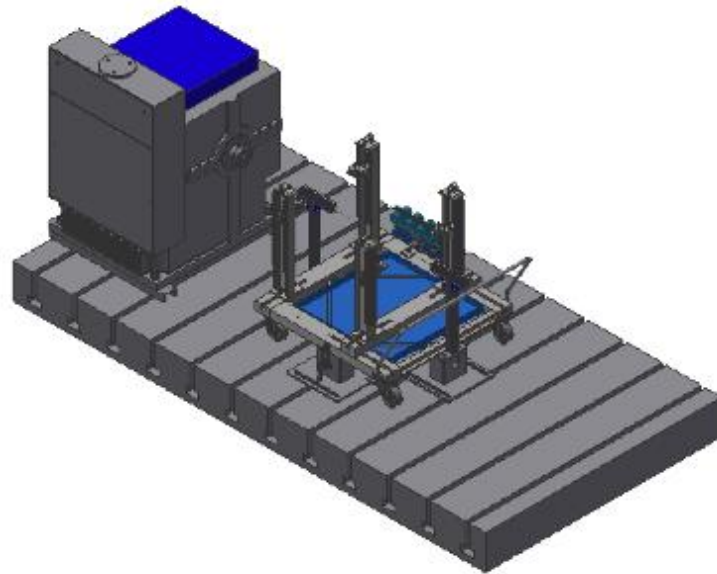
Obr. 30 – Jeřáb



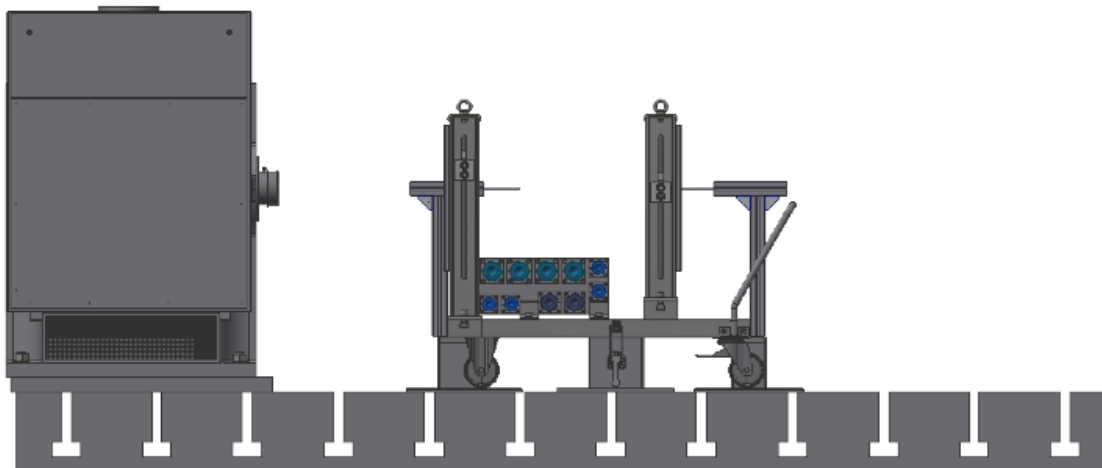
Obr. 31 – Schéma druhé části procesu montáže systému na zkušební stanoviště

Jakmile jsou pokladové desky a boční podstavy upevněny ve správné pozici, jeřábem paletový systém pomalu spustí na podstavy. Polohovým kuželem v bočních podstavách je zajištěna přesná vzdálenost od dynamometru a vodícími čepy je zajištěna sousosť. Upínkami na bočních podstavách se paletový systém pevně zajistí.

Po upevnění dojde k propojení použitých rychlospojek. Je provedena finální kontrola sousostí, po které je hřídel motoru propojena hřídelovou spojkou s dynamometrem. V tuto chvíli je možné zahájit testování.



Obr. 32 – Konečná poloha na testovacím stanovišti



Obr. 33 – Konečná poloha na testovacím stanovišti – boční pohled

6 Závěr

Tato bakalářská práce se úvodem věnuje výhodám použití mobilních upevňovacích zařízení v moderních zkušebnách.

Praktická část práce se zabývá konstrukcí paletového systému pro testování spalovacích motorů s výkonem do 95,5 kW na zkušebním stanovišti č. 4. Byla provedena analýza laboratoří Juliska. Z této analýzy vyplynuly základní požadavky pro návrh paletového systému.

Konstrukce rámu a stojen navrženého paletového systému umožňují požadovanou nastavitelnost polohy testovaného motoru ve všech osách souřadnicového systému. Polohování je zajištěno deskami s T – drážkou a trapézovým pohybovým šroubem. Na stojnách se nacházejí silentbloky, které slouží k pružnému uložení přípravku s motorem. Mobilita zařízení je obstarána vlastním pojezdovým systémem. Navrhnuty byly rychlospojky umožňující rychlé propojení veškerých potřebných kapalinových okruhů, vedoucí do motoru ze zkušebny.

V poslední části návrhu byly navrženy kotvící komponenty. Jsou jimi čtyři podstavy. Přední a zadní podstavy zajišťují souosost paletového systému a klikového hřídele motoru s osou dynamometru. Boční podstavy přesně ustavují polohu čela palety vůči dynamometru.

V poslední kapitole je detailně popsán postup instalace paletového systému na zkušební stanoviště.

Výstupem této práce je kompletní výkresová dokumentace pro možnost okamžitého zadání do výroby.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MARTYR, A.J. *Engine Testing: The Design, Building, Modification and Use of Powertrain Test Facilities*. 4th Edition. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2012.
- [2] PAULWEBER, Michael a Klaus LEBERT. *Powertrain Instrumentation and Test Systems: Development – Hybridization – Electrification* [online]. Ilustrované vydání. Springer, 2016.
Dostupné z: https://books.google.cz/books?id=v-t6DAAAQBAJ&dq=engine+testing+pallet+design&hl=cs&source=gbs_navlinks_s
- [3] AVL s.r.o. PRODUKTY [online] Dostupné z: <https://www.avl.com/-/pallet-systems>
- [4] ERNST + Co. Prüfmaschinen GmbH [online] Dostupné z: <http://www.ernst-gruppe.de/>
- [5] T.E.A TECHNIK s.r.o [online]. Dostupné z: <https://www.teatechnik.cz/>
- [6] KSK Precise Motion, a.s. [online]. Dostupné z: <https://www.ksk-pm.cz>
- [7] norelem PRODUKTY [online]. Dostupné z: <https://www.norelem.com/>
- [8] KIPP s.r.o. [online]. Dostupné z: <https://www.kipp.cz/>
- [9] HENNLICH s.r.o. [online] Dostupné z: https://www.hennlich.cz/uploads/Tabulka_odolnosti_materiálu.pdf
- [10] Stäubli s.r.o. PRODUKTY [online] Dostupné z: <https://www.staubli.com/>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 – Diesellový motor v procesu montáže [1]	10 -
Obr. 2 – Zážehový motor upevněný na kombinovaném rámu motor-dynamometr [1]	10 -
Obr. 3 – Vozík (vlevo) a paleta (vpravo) pro manuální dokování od firmy AVL [2]	11 -
Obr. 4 – Schéma uspořádání paletového systému na testovacím stanovišti [2]	11 -
Obr. 5 – Srovnání testovacího procesu tradičního a moderního testovacího zařízení [2] (přeloženo) -	12 -
Obr. 6 – Současný stav zkušebního stanoviště č.4	13 -
Obr. 7 – Schéma s obecnými rozměry motoru	14 -
Obr. 8 – Základní soustava pro návrh rámu	16 -
Obr. 9 – První koncept konstrukce rámu	17 -
Obr. 10 – Druhý koncept konstrukce rámu	18 -
Obr. 11 – Třetí koncept konstrukce rámu	19 -
Obr. 12 – Finální návrh konstrukce rámu	20 -
Obr. 13 – Základní svařenec stojny (A) a podkladové desky (B)	21 -
Obr. 14 – Deska	22 -
Obr. 15 – Šroub s okem	22 -
Obr. 16 – Pohybová matice (červeně) s pohybovým šroubem	23 -
Obr. 17 – Třecí spoj	24 -
Obr. 18 – Kolečka od firmy norelem [6]	26 -
Obr. 19 – Vodící čepy	26 -
Obr. 20 – Středící přípravek	27 -
Obr. 21 – Rychlospojka HCB 16 od firmy Stäubli (samec – samice)	28 -
Obr. 22 – Deska s rychlospojkami	30 -
Obr. 23 – Umístění rychlospojek na rámu paletovém systému	30 -
Obr. 24 – Přední postava - sestavení	31 -
Obr. 25 – Podstava zadní - sestavení	32 -

Obr. 26 – Podstava boční	- 32 -
Obr. 27 – Třmenový upínač s protikusem od firmy KIPP [8]	- 33 -
Obr. 28 – Přichycení profilu Alutec ke stojně	- 33 -
Obr. 29 – Schéma první části procesu montáže systému na zkušební stanoviště	- 34 -
Obr. 30 – Jeřáb	- 35 -
Obr. 31 – Schéma druhé části procesu montáže systému na zkušební stanoviště	- 35 -
Obr. 32 – Konečná poloha na testovacím stanovišti	- 36 -
Obr. 33 – Konečná poloha na testovacím stanovišti – boční pohled	- 36 -

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 – Přehled dynamometrů ve zkušebnách Juliska	- 13 -
Tab. 2 – Přehled uvažovaných motorů	- 14 -
Tab. 3 – Přehled rozměrových omezení rámu	- 16 -
Tab. 4 – Přehled hmotností důležitých komponent	- 25 -
Tab. 5 – Přehled vybraných rychlospojek a materiálů těsnění	- 29 -

ZDROJE 3D MODELŮ KUPOVANÝCH KOMPONENT

<https://b2b.partcommunity.com>

<https://www.traceparts.com/en>