

IDENTIFIKACE SILOVÝCH ÚČINKŮ PŘI PRACOVNÍM REŽIMU VYVÁŽECÍHO STROJE

Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D.¹, doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.², Ing. Přemysl Pokorný, Ph.D.³
Ústav automobilního a dopravního inženýrství, Fakulta strojního inženýrství, VUT v Brně, Technická
2896/2, 616 69 Brno, kasperek@fme.vutbr.cz¹, skopan@fme.vutbr.cz², pokorny.p@fme.vutbr.cz³

Identification of the force effects during the working mode

Abstract: *The paper describes the identification of the force effects using numerical simulations in the MBS software. The aim is to find the force and moment dynamic processes during loading, in which there are the force effects with the possible destructive impacts on the frame structure of the machine. The force effects in the working mode are checked in limit positions for the normal use that is, on the plane and in the longitudinal and lateral inclination.*

Key words: *force effect, MBS, working mode, machine position, forestry forwarder.*

ÚVOD

Lesní vyvážecí stroj je většinou dvourámový kloubový stroj, řízený zalamováním rámu pomocí hydraulických válců v kloubu stroje. Nosná konstrukce se skládá z předního rámu (motorová jednotka, hydrogenerátory, bogie nápravy, hydromotory, kabina, nádrže) a zadního rámu (nakládací jeřáb, bogie nápravy, hydromotory, břemeno) spojených ve středovém kloubu stroje (viz obr. 1)[1].



Obr. 1 Lesní vyvážecí stroj při nakládce břemene [1].

Zatěžování stroje lze rozdělit na dva režimy stroje. Jízdní režim stroje je dynamický děj, kdy stroj projíždí terénem mezi místem těžby a místem skládky [2]. Pracovní režim stroje spočívá v nakládce nebo vykládce břemene (sortimentu klád) na místě těžby nebo na místě skládky.

PROBLEMATIKA MANIPULACE S BŘEMENEM

Sortimentu klád je velmi rozličný vzhledem k rozdílné objemové hmotnosti mezi např. smrkovým a bukovým sortimentem. Navíc lze zdůraznit, že všechny sortiment je v mokřém stavu po probírkové těžbě, tzn. objemovou hmotnost kolem 1000 kg/m³ a průměr sortimentu do 15 cm (střížná hlavice), nebo 20 cm drapák [3].

Při pracovním režimu se může nakládací jeřáb otáčet až do hodnoty úhlu maximálně 360° kolem svislé osy rotace jeřábu a manipulovat s nákladem do max. vzdálenosti o hmotnosti dle příslušného nakládacího jeřábu podle konfigurace zákazníka. Rámová brzda na středovém kloubu je uzavřena pro zlepšení tuhosti stroje při nakládací práci, tedy působí třecí síly na podélném směru kloubu. Řízení stroje je možné provádět i při uzamčeném středovém kloubu kvůli lepšímu přístupu k sortimentu nebo zlepšení stability při práci ve svahu. Hydromotory řízení zalamují rámy až o úhel 45° vůči podélné ose stroje. Stroj stojí na místě a není poháněn rotačními hydromotory, kola se neotáčí ani neprotáčí.

Pracovní režim je z hlediska pojezdu stroje děj statický a je posuzován především podle uživatelských hledisek obsluhy, tedy identifikace silových účinků není omezena jen na bezpečné užívání stroje, ale na potřeby strojní obsluhy k pohodlnému užívání stroje pro dosažení procesu nakládky.

Pracovní režim stroje je kontrolován při mezních stavech provozních parametrů, tedy při maximálních hodnotách dosažitelných při praktickém užití stroje (tab. 1). Právě při pracovním režimu stroje dochází k napjatostním stavům, které mohou mít následky např. trhliny a jiné plastické deformace [4].

Tab. 1: Tabulka silových zatěžujících parametrů při pracovním režimu stroje [4].

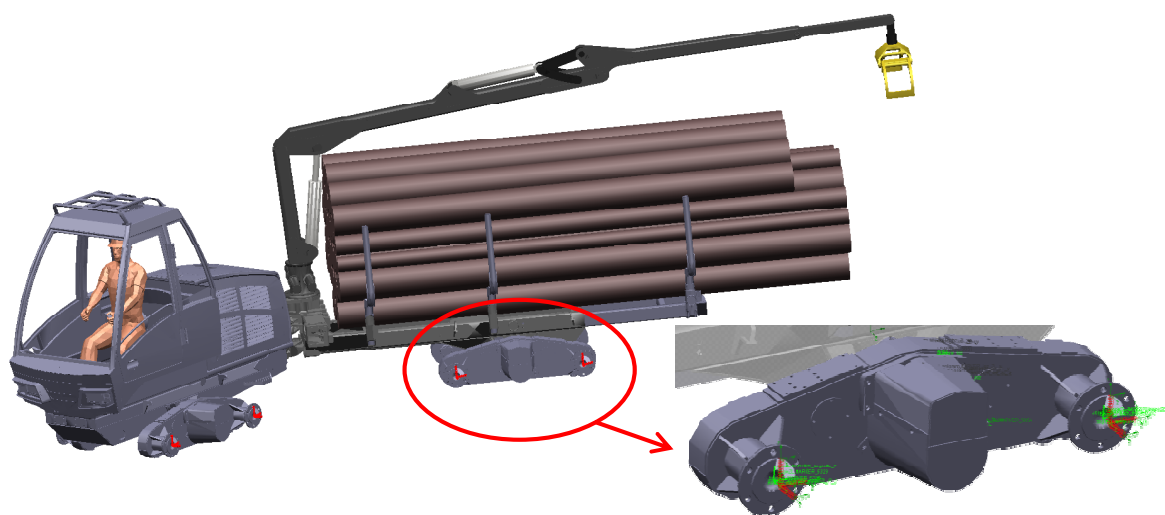
Provozní technické parametry	Přední rám	Zadní rám
Celková tíha stroje při transportu (5m buk) (N)	23700	85700
Řízení stroje (N)		76 372
- výsuv pístu řízení		45 585
- zasouvání pístu řízení		
Zdvihový moment nakládacího jeřábu (kN.m)	45,6	
Rotační moment nakládacího jeřábu (kN.m)	13,5	
Zamykání středového kloubu stroje (kN.m)	Nedefinováno	

DEFINOVÁNÍ ZÁTĚŽOVÝCH STAVŮ A OKRAJOVÝCH PODMÍNEK PŘI PRACOVNÍM REŽIMU STROJE

Stroj nepojíždí, přední a zadní rám jsou v kloubu uzamčeny a pracovní činnost vykonává jen nakládací jeřáb. Z tohoto důvodu je výpočtový model stroje pro dynamickou analýzu v MSC ADAMS zjednodušen na model bez kol uložený bogie nápravami na siloměrných členech viz obr. 2.

Výpočtový model stroje pro dynamickou analýzu se skládá z 33 součástí, 11 bodových hmotností (použité k dovážení stroje do provozních hmotností), 2 válcové vazby, 15 rotačních vazeb, 1 kulová vazba, 4 translační vazby, 11 bodové pevné vazby – převážně uchycení klanic, 9 programovatelných pohybů, celkem 19 stupňů volnosti.

Stroj je stabilizován na siloměrných členech (obr. 2), jeho rámy jsou vůči sobě uzamčeny a pracovní činnost vykonává nakládací jeřáb rotačním pohybem kolem své osy rotace o 360° [4].



Obr. 2 Model lesního vyvážecího stroje s uložením bogie náprav na siloměrných členech, detail uložení bogie náprav.

Pracovní režim je rozdělen na dvě pracovní pozice stroje:

- Rámy stroje v přímém směru, úhel zalomení rámu 0°.
- Rámy zalomené vůči sobě v podélné ose stroje o úhel 45°.

Každá pozice je kontrolována při stavu naplnění nákladového prostoru:

- Prázdný stroj (počátek nakládání v místě těžby).
- Plný stroj (vykládání na skládce).

Obě pozice a oba stavy korby jsou kontrolovány v několika náklonových stavech stroje:

- Rovina – stroj stojí na rovině.
- Svahová dostupnost v podélném směru - úhel 30° (85% stoupavost).
- Svahová dostupnost v příčném směru - úhel 15° (25% náklon).

Parametry rychlosti nakládacího jeřábu a jeho pracovní rotace kolem osy jeřábu je konstantní pro všechny zátěžové stavy. Zdvihová nosnost je nastavena na hodnotu 600 kg na

vzdálenosti vyložení 6,1 m. Průběh rotace je pro zátěžné stavy nastaven na hodnotu úhlové rychlosti rotace $11,5^{\circ} \cdot s^{-1}$ (obr. 3).

Časová souslednost u pracovního režimu je následující:

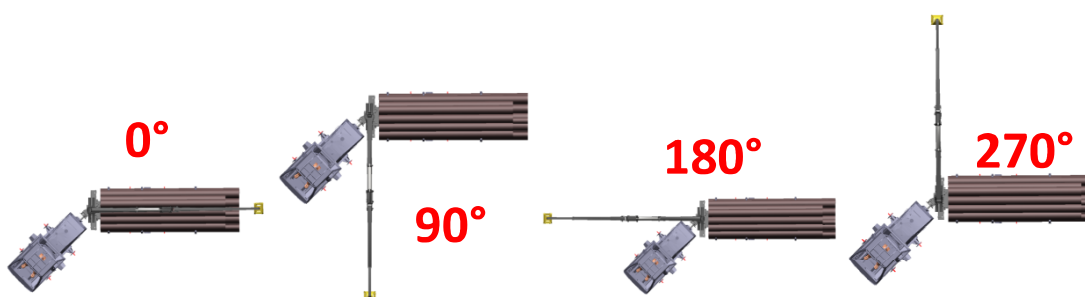
0s – 5s => start při statické rovnováze, vysunutí teleskopu výložníku do pozice nákladu 6,1 m od osy rotace jeřábu, zavření kleštín drapáku.

5s – 6s => rozběh rotace nakládacího jeřábu z nulové rychlosti do rychlosti $11,5^{\circ}/s$.

6s – 36s => rotace nakládacího jeřábu kolem osy rotace (obr. 3).

36s – 37s => doběh rotace nakládacího jeřábu do nulové rychlosti.

U všech jsou sledovány vybrané silové a momentové parametry, které mají vliv na deformace zadního rámu. U těchto parametrů není sledována jen maximální hodnota, ale také mezní hodnota použití stroje - stabilita.



Obr. 3 Grafické znázornění průběhu zatěžovacích stavů pro zalomený stroj [4].

VYHODNOCENÍ SIMULACÍ PRACOVNÍHO REŽIMU

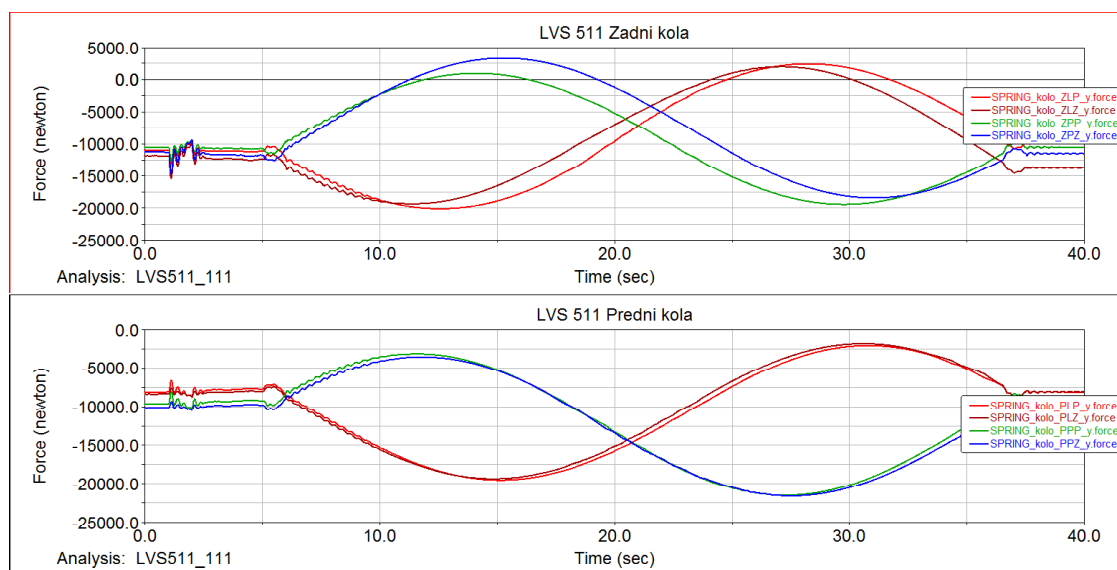
Dynamická analýza byla provedena pro zátěžné stavy uvedené v předchozí kapitole a její výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 2. Identifikovány jsou silové a momentové hodnoty zatížení od vnějších vlivů především na zadní rám a to průběhy hodnot zatížení v místě uchycení jeřábu k zadnímu rámu od zdvihacího momentu, v místě rotace nakládacího jeřábu kolem svislé osy, v místě uchycení hydromotorů řízení, v místě zatížení bogie náprav od zatížení nákladem. Dále je uvažováno s účinky uzamčeného středového kloubu a náklonů stroje při nakládání ve svahu.

Tab. 2: Výsledné posouzení zátěžových stavů vyvážecího stroje při pracovním režimu [4].

Poziční tvar stroje	Stav korby	Svahová dostupnost	Stabilita stroje	maxim. zdvihový moment jeřábu	maxim. rotační moment jeřábu
Přímý tvar	Prázdný stroj	Rovina	Mírně nestabilní	53,25	9,62
		Podélný svah +30°	Mírně nestabilní	47,2	27,2
		Podélný svah -30°	Mírně nestabilní	57,57	27,09

Zalomený tvar	Plný stroj	Příčný svah +15°	NESTABILNÍ	-	-
		Rovina	Stabilní	53,24	8,87
		Podélný svah +30°	Mírně nestabilní	57,12	27,10
		Podélný svah -30°	Stabilní	57,36	27,09
		Příčný svah +15°	Mírně nestabilní	57,07	13,77
	Prázdný stroj	Rovina	NESTABILNÍ	-	-
		Podélný svah +30°	NESTABILNÍ	56,85	36,8
		Podélný svah -30°	NESTABILNÍ	57,32	27,14
		Příčný svah +15°	Mírně nestabilní	57,21	22
		Příčný svah -15°	NESTABILNÍ	56,85	25
	Plný stroj	Rovina	Stabilní	53,18	8,5
		Podélný svah +30°	Mírně nestabilní	55,15	27,09
		Podélný svah -30°	Mírně nestabilní	57,23	27,13
		Příčný svah +15°	Mírně nestabilní	51,83	13,83
		Příčný svah -15°	Mírně nestabilní	50,62	13,81

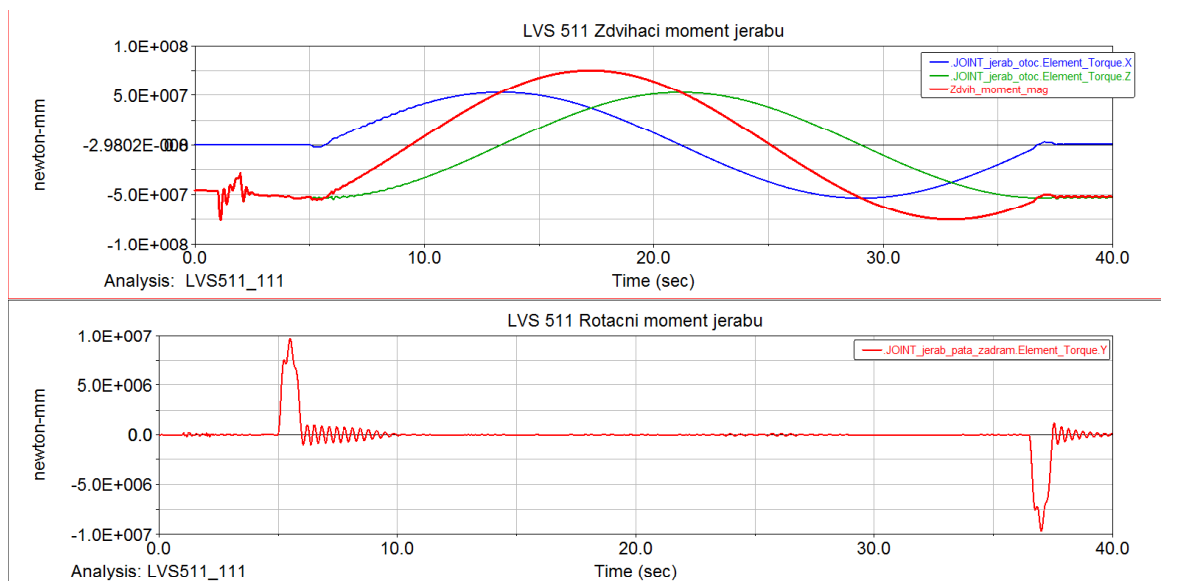
V grafech na obrázcích 4, 5, 6 jsou zobrazeny průběhy sledovaných parametrů, které jsou uvedené v tabulce 2. Díky numerické simulaci MBS v MSC ADAMS je možno vyhodnotit zátěžové parametry ve vybraných vazbách celé sestavy stroje.



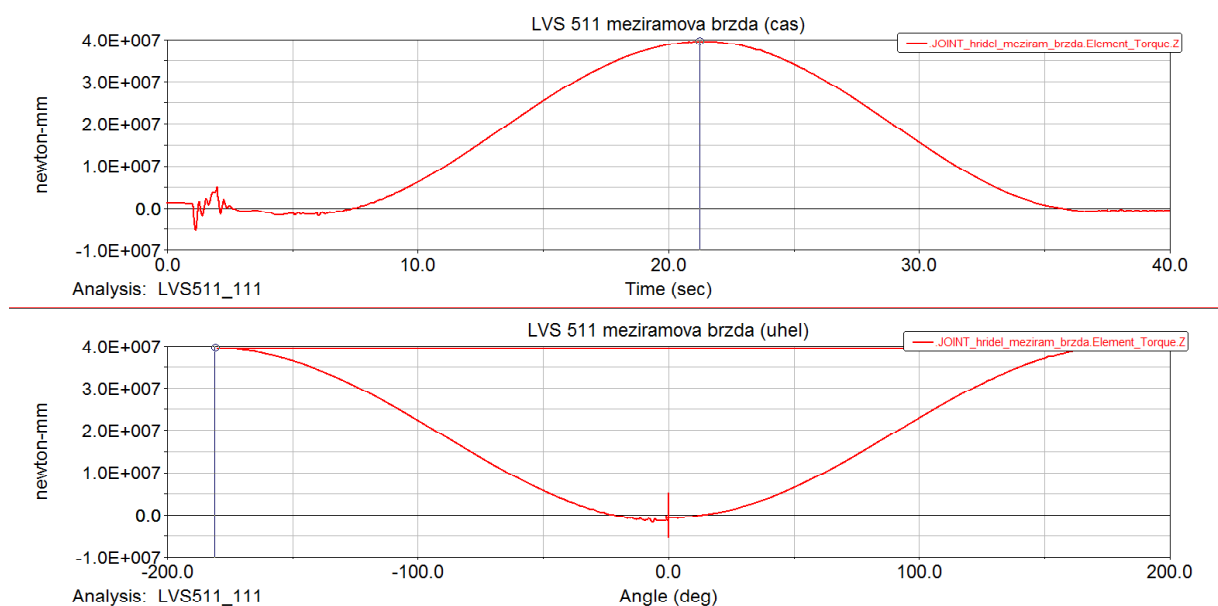
Obr. 4 Graf časového průběhu stability kol v kontaktu s podložkou, kola předního rámu, kola zadního rámu [4].

POPIS VYBRANÉHO ZATĚŽOVACÍHO STAVU

Prázdný přímý stroj na rovině [4]. Rotace jeřábu je uskutečněna v celém úhlovém rozpětí. Stroj vykazuje mírně nestabilní chování, které je dáno prázdnou korbou při plném zatížení jeřábu. Kola ztrácí kontakt s podložím na pravé a pak levé straně u zadního rámu (obr. 4). Nakládací jeřáb má hodnotu zdvihového momentu (obr. 5) v maximu 53,25 kN.m. Moment potřebný pro rotaci jeřábu (obr. 5) je v maximu při rozběhu 9,62 kN.m. Zamknutí středního kloubu stroje (obr. 6) má hodnotu 39,7 kN.m pro maximum při práci stroje v úhlu 90° a 270°.



Obr. 5 Graf časového průběhu zdvihacího momentu a rotačního momentu jeřábu [4].



Obr. 6 Graf časového a úhlového průběhu momentu meziramové brzdy pro bezprokluzový stav [4].

ZÁVĚR

Vyvážecí lesní stroj v některých výše popsaných zatěžovacích stavech nevyhověl, protože byla překročena stabilita stroje a došlo k nečekanému ukončení výpočtu nebo vzhledem k stranovému náklonu stroje došlo k ztrátě stability stroje. Zatěžující stav „mírně nestabilní“ musí být posouzen individuálně, protože u těchto stavů došlo k přerušení kontaktu jen u jedné z bogie náprav stroje a stroj zůstal na zbylých třech. Tento stav a stav „stabilní“ budou přezkoumány v pevnostní analýze, aby byly ověřeny deformační vlastnosti při užívání stroje.

PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek vznikl za podpory výzkumného projektu Technologické agentury ČR TA04020087 " Vývoj a výroba variabilního vyvážecího traktoru se zaměřením na ekologickou čistotu prací a efektivní zpracování biomasy v lesním hospodářství“.

LITERATURA

- [1] KAŠPÁREK, J.; ŠKOPÁN, M.; JONÁK, M.; POKORNÝ, P. Výzkum variabilního vyvážecího traktoru LVS 511. Mendlova univerzita v Brně: Mendlova univerzita v Brně, 2017. 196 s. ISBN: 978-80-263-1086-0.
- [2] KAŠPÁREK, J.; POKORNÝ, P. Simulace jízdy virtuálního transportního stroje. In Sborník XL. mezinárodní konference kateder dopravních, manipulačních, stavebních a zemědělských strojů. Bílá: Institut dopravy, VŠB-TU, Ostrava, 2014. s. 1-7. ISBN: 978-80-248-3439- 9.
- [3] KAŠPÁREK, J.; JONÁK, M.; ŠKOPÁN, M.; POKORNÝ, P. Vliv polohy břemene na zatěžování rámu vyvážecího stroje. In 41. Mezinárodní konferenci kateder dopravních, manipulačních, stavebních a zemědělských strojů. 55-18- 15. Studentská 1402/2, Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2015. s. 72-77. ISBN: 978-80-7494-196-2.
- [4] ŠKOPÁN, M., POKORNÝ P., KAŠPÁREK J., Závěrečná zpráva - část první - Identifikaci vnějších silových účinků. Závěrečná zpráva projektu, VUT v Brně, Brno, 57 s., 2018.