



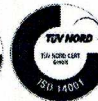
УНИВЕРЗИТЕТ
У НОВОМ САДУ



ФАКУЛТЕТ
ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Република Србија
Деканат: 021 6350-413; 021 450-810; Централa: 021 485 2000
Рачуноводство: 021 458-220; Студентска служба: 021 6350-763
Телефакс: 021 458-133; e-mail: ftmdean@uns.ac.rs

ИНТЕГРИСАНИ
СИСТЕМ
МЕНАџМЕНТА
СЕРТИФИКОВАН ОД:



Наш број: 01.сл

Ваш број:

Датум: 2014-11-28

ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА

Наставно-научно веће Факултета техничких наука у Новом Саду, на 31. редовној седници одржаној дана 26.11.2014. године, донело је следећу одлуку:

-непотребно изостављено-

Тачка 12.1. Верификација нових техничких решења и именовање рецензента

Тачка 12.1.10: У циљу верификације новог техничког решења усвајају се рецензенти:

1. Проф. др Миломир Гашић, Факултет за машинство и грађевинарство у Краљеву
2. Проф. др Ратислав Шостаков, Факултет техничких наука у Новом Саду

Назив техничког решења:

**„ТЕОРИЈСКО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА МЕТОДА ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ КРУТОСТИ,
МОДУЛА ЕЛАСТИЧНОСТИ И ПРИГУШЕЊА ЧЕЛИЧНИХ УЖАДИ КОД
ЛИФТОВА И ИЗВОЗНИХ ПОСТРОЈЕЊА“**

Аутори техничког решења: др Јован Владић, мр Радомир Ђокић, др Миомир Јовановић

-непотребно изостављено-

Записник водила:

Јасмина Димић, дипл. правник

Тачност података оверава:
Секретар

Иван Нешковић, дипл. правник



Проф. др Раде Дорословачки

ТЕХНИЧКО РЕШЕЊЕ

Назив:

ТЕОРИЈСКО- ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА МЕТОДА ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ КРУТОСТИ, МОДУЛА ЕЛАСТИЧНОСТИ И ПРИГУШЕЊА ЧЕЛИЧНИХ УЖАДИ КОД ЛИФТОВА И ИЗВОЗНИХ ПОСТРОЈЕЊА

Категорија техничког решења: Нова метода (M85)

Аутори:

др Јован Владић, редовни професор,
Мр Радомир Ђокић, асистент,
др Миомир Јовановић, редовни професор

Развијено у оквиру пројекта технолошког развоја *Теоријско-експериментална истраживања транспортних машинских система*, евиденциони број TP-35049

Година реализације: 2014.

Начин верификације: Техничко решење је верификовано мерењима 09.07.2014. год. изведеним на извозном постројењу РТБ БОР

КРАТАК ОПИС

За дефинисање квалитетне подлоге за оптимално пројектовање, реконструкцију и одржавање транспортних система за вертикално дизање, чије брзине могу да достигну вредности и до 20 m/s, где су висине дизања код лифтова до пар стотина метара, а код извозних постројења у рудницима чак и до 2000 m, од посебног је значаја одређивање динамичких оптерећења, што захтева познавање механичких карактеристика челичног ужета (крутост, модул еластичности и пригушење). Због специфичне конструкције челичног ужета, за разлику од хомогених материјала, као и променљивих вредности у току дизања, дефинисање реалних вредности ових параметара је веома сложено. Метода базира на комбинованом теоријско – експерименталном поступку. Теоријска анализа подразумева поступак дефинисања меродавног динамичког модела са једним степеном слободе на основу анализе карактеристика реалног постројења, док се експериментални део односи на поступак коришћења резултата мерења убрзања путем акцелерометра, сила у ужадима путем мерних трака или брзине путем инкременталног давача. На основу релација теорије слободних осцилација са пригушењем и измерених вредности убрзања, брзине или сила у ужадима могуће је одређивање крутости, модула еластичности и пригушења у реалним условима у зависности од тренутног положаја кабине (коша) или противтега у тренутку заустављања кретања погонске ужетњаче.

Техничке могућности: Метода се може користити за одређивање реалних вредности крутости, модула еластичности и пригушења челичних ужади код извозних постројења у рударству и свих врста лифтова, мада пуну вредност показује код експрес лифтова и извозних постројења (екстремни кинематски параметри) који се налазе у експлоатацији. Такође је могућа примена и код осталих транспортних система са вертикалним дизањем помоћу челичних ужади (мосне, порталне, контејнерске, грађевинске стубне дизалице итд.) уз одговарајући поступак дефинисања меродавног динамичког модела.

Реализатори: Факултет техничких наука Нови Сад и Машински факултет Универзитета у Нишу

Корисници: Факултет техничких наука Нови Сад, Машински факултет Ниш, TRC PRO Петроварадин

Област на коју се односи техничко решење

Област на коју се односи техничко решење је област динамике транспортних машина за вертикално дизање терета помоћу челичних ужади са погонском ужетњачом или погонским добошем.

Проблем који се решава

Нова метода омогућује одређивање реалних вредности крутости, модула еластичности и пригушења челичних ужади код транспортних машина за вертикално дизање терета, првенствено код лифтова и извозних постројења која се налазе у експлоатацији.

Стање решености проблема у свету

Динамичко понашање транспортних машина за вертикално дизање терета у првом реду зависи од механичких карактеристика челичног ужета. При анализи динамичког понашања машинских система формираних од хомогених тела са великом поузданошћу се могу користити литературни подаци за крутост, модул еластичности и пригушење добијених на основу многобројних испитивања. Челично уже представља сложено тело за које не постоји довољан број испитивања тако да коришћење постојећих података, може довести до значајних грешака у анализи. Ови подаци су добијени експериментима у лабораторијским условима при константној дужини ужета. Подаци о реалним вредностима крутости, модула еластичности и пригушења, које су променљиве величине за време дизања, према сазнањима аутора нису публиковани.

ДЕТАЉАН ОПИС ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

1. Увод

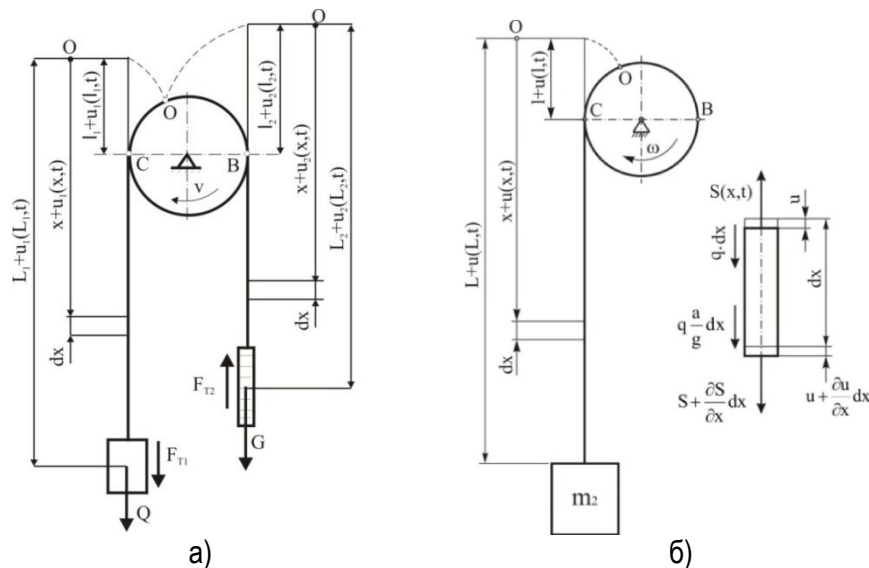
Лифтови а посебно извозна постројења повезују различите нивое на растојањима и до 2000 m са носивошћу до 50 t и брзинама дизања до 20 m/s, па је њихова динамичка анализа од посебног значаја због дефинисања квалитетне подлоге за оптимално пројектовање, реконструкцију и њихово одржавање. Поред наведених екстремних параметара сложеност динамичке анализе ових постројења се јавља првенствено због следећег:

- основни модел представља осцилаторни проблем са бесконачним бројем степени слободe на кога утиче велики број фактора које је тешко одредити,
- погонски момент је променљива величина у прелазним режимима рада и зависи од тренутне брзине дизања, односно броја обртаја погонског електромотора,
- крутост челичног ужета се мења са променом положаја коша. Поред тога његов модул еластичности није константна величина, као ход хомогених тела, већ зависи од напона у ужету и времена експлоатације ужета,
- пригушење у челичном ужету је недовољно истражена карактеристика и последица је унутрашњег трења. Манифестује се хистерезисном петљом која зависи од конструкције ужета и величине амплитуде осциловања.
- утицај трења у вођицама на укупно пригушење система се не може занемарити.

Анализом параметара конкретног извозног постројења могуће је основни модел знатно упростити и добити погодан модел за динамичку анализу. Систем са бесконачним бројем степени слободe сведен је на систем са једним степеном слободe и принудним кретањем у облику измерене брзине на ужетњачи. Систем ужади је могуће заменити еквивалентним Келвиновим моделом са еластичним телом које има променљиву крутост ($c=EA/l$) и пригушењем хистерезисног типа. Комбиновањем теоријске анализе и експерименталног поступка могуће је одредити реалне вредности модула еластичности и пригушења на основу мерења периода и амплитуда осциловања у тренутку заустављања погонске ужетњаче.

2. Поступак формирања меродавног модела за динамичку анализу

Основни динамички модел за систем са погонском ужетњачом је приказан на сл. 1а. Међутим, ако се посматра регуларан рад постројења када нема проклизавања челичног ужета на погонској ужатњачи и када се као погонска карактеристика узме брзина ужета у наилазној тачки ужета на ужетњачу (мерење брзине на ужетњачи) модел извозног постројења се може представити у облику који је приказан на сл. 1б.



Слика 1. Осциловање ужета константне дужине а) основни модел б) редуковани модел

Овај модел представља систем са лонгитудиналним осцилацијама „тешког“ челичног ужета са бесконачним бројем степени слободe које се на једном крају намотава на ужетњачу брзином $v(t)$ а на другом крају је оптерећено концентрисаном масом. Формирање меродавног модела за анализу динамичког понашања се огледа у томе да се модел поједностави тако да се искључе мали утицаји „вишег“ реда и задрже само најутицајнији (репрезентативни) параметри. Поред тога за ову анализу ће се размотрити специфичности основних механичких карактеристика челичног ужета (кртост и пригушење) као доминантног елемента у динамичком моделу и погонске карактеристике на ужетњачи. Пошто метода подразумева анализу конкретног постројења за дефинисање меродавног динамичког модела, овде ће бити приказан поступак на примеру извозног постројења у РТБ Бор. Детаљнији подаци о овом постројењу су дати у тачки 3.0.

2.1 Редуковање броја степени слободe

Према другом Њутновом закону посматрајући равнотежу елементарног дела (dx) може се записати:

$$\frac{q \cdot dx}{g} \cdot \frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial t^2} = -S + S + \frac{\partial S}{\partial x} dx + q \cdot dx \pm \frac{q \cdot dx}{g} \cdot a$$

Ако се аксијална сила (S) изрази у функцији релативне (јединичне) деформације $\varepsilon = \partial u / \partial x$, за случај пригушених осцилација и једначина подели са $\frac{q \cdot dx}{g}$ добија се:

$$\frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial t^2} = \frac{g \cdot E \cdot A}{q} \cdot \frac{\partial^2}{\partial x^2} \left(u(x,t) + b \cdot \frac{\partial u(x,t)}{\partial t} \right) + g - a$$

где је:

E – модул еластичности,

A – површина попречног пресека ужета,

u – еластична деформација ужета,

b – коефицијент пригушења,

q – тежина ужета по дужном метру,

a – убрзање погона (на месту наилаaska ужета на ужетњачу).

Да би се одредили облици осциловања посматраће се упрошћена једначина без последња два члана на десној страни, што одговара осциловању ужета константне дужине (тренутна слободна дужина ужета при дизању). У том случају се решење те једначине може потражити као производ две функције, од којих је једна функција положаја а друга функција времена, у облику:

$$u(x, t) = X(x) \cdot T(t)$$

Ако се уведе ознака $\frac{g \cdot E \cdot A}{q} = c^2$, где је (с) брзина простирања еластичног таласа дуж ужета, и изврши раздвајање променљивих добија се:

$$\ddot{T} + b \cdot k^2 \cdot c^2 \cdot \dot{T} + k^2 \cdot c^2 \cdot T = 0$$

$$X'' + k^2 \cdot X = 0$$

Решење друге једначине, која дефинише **основне облике осциловања** појединих хармоника, је облика:

$$X(x) = A_i \cdot \sin \beta_i \cdot \frac{x-l}{L-l}$$

при чему се добија фреквентна једначина у облику: $\beta_i \cdot \operatorname{tg}(\beta_i) = \alpha$

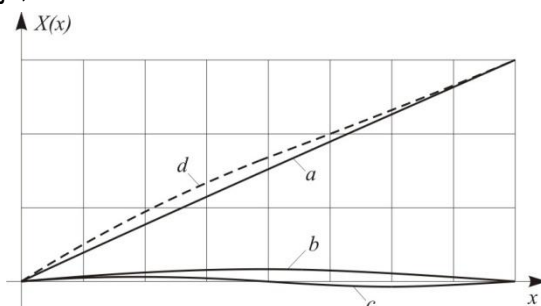
где је: $\beta_i = k \cdot (L-l)$

$$\alpha = \frac{q \cdot (L-l)}{Q} \quad - \text{ однос тежине слободне дужине ужета и кабине}$$

За различите односе тежине ужета и терета могуће је рачунским методама или графичким путем наћи решења за трансцедентну једначину. Она има бесконачно много корена, па је и број сопствених кружних фреквенција бесконачно велики. За конкретно извозно постројење у РТБ Бор граничне вредности дате су у таб. 1. Мала тежина слободне дужине ужета у односу на концентрисану масу омогућује знатно поједностављење анализе динамичког понашања извозних постројења јер је облик осциловања првог хармоника практично права линија, сл. 2.

Табела 1. Граничне вредности за α

α		Положај коша	
		горе	доле
Стање коша	празан	0.0064	0.32
	са теретом	0.0036	0.18



Слика 2. Облици (форме) осциловања прва три хармоника и збирни облик осциловања за $\alpha=0.1$

Због вишеструко мањих амплитуда осциловања виших хармоника њихов утицај се може занемарити, па се комплексан осцилаторни процес са бесконачним бројем степени слободне, чији је збирни облик осциловања приказан испрекиданом линијом (d) може, са задовољавајућом тачношћу заменити правом линијом односно системом са једним степеном слободне са константном дилатацијом (ϵ) дуж слободног крака ужета.

2.2 Механичке карактеристике челичног ужета

Моделирање ужета се најчешће врши комбиновањем Хуковог (идеално еластично тело) и Њутновог (идеално вискозно тело) модела. Крутост (с) и пригушење (b) као параметри ових модела су углавном дефинисани преко модула еластичности и коефицијента пригушења за хомогена тела (челик, алуминијум,...).

Крутост је основни параметар осцилаторних процеса и она представља карактеристику материјала која дефинише однос оптерећења и деформације. Код већине осцилаторних процеса са малим амплитудама и елементима израђених од челика и сличних материјала она се узима као константа величина. Међутим код неких материјала, који се такође користе у машинству, ова карактеристика није линеарна што доводи до појаве тзв. нелинеарних осцилација чија је анализа вишеструко сложенија.

Код машина за дизање са челичним ужадима јавља се специфичан случај нелинеарности који се односи на промену крутости са променом слободне дужине ужади према релацији:

$$c(t) = EA/l(t)$$

где је: E - модул еластичности ужета

A - попречни пресек ужета,

$l(t) = L - \int v(t) dt$ – слободна дужина ужета,

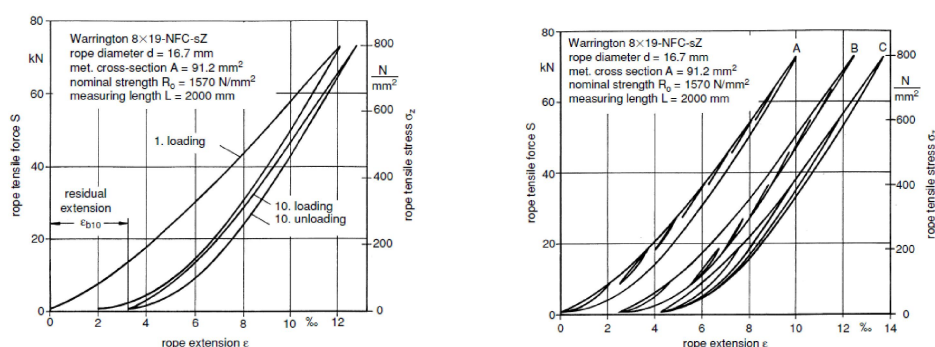
$v(t)$ - обимна брзина ужетњаке.

Поред променљиве крутости због промене дужине ужета при дизању и спуштању треба имати у виду да је **модул еластичности (E)** код хомогених тела константна величина али пошто челично уже представља сложену конструкцију која се састоји од већег броја жица које су уплетене у струкове а струкови у уже са средином од челика или пластике модул еластичности ужета је комплексна величина. Одређивање еквивалентног модула еластичности челичних ужади представља веома сложен поступак. Постоји већи број образаца на основу којих је могуће израчунати приближне вредности који зависе од модула еластичности жица и параметара поужавања.

$$E_s = E_i \cdot \cos^4 \alpha_i \text{ за спирално уже}$$

$$E_u = E_i \cdot \cos^4 \alpha_i \cdot \cos^4 \varphi_i \text{ за уже од струкова}$$

Модул еластичности одређен претходним изразима даје само оријентационе вредности и односи се на нову ужад али у реалности модул еластичности ужета зависи од величине напона броја жица у струку, струкова у ужету, углова поужавања врсте материјала средине, подмазивања, времена експлоатације, итд. Модул еластичности код ужади одређује се путем експеримената за конкретно уже константне дужине, за статичке услове и за различите вредности оптерећења, сл. 3, /Feyrer/.



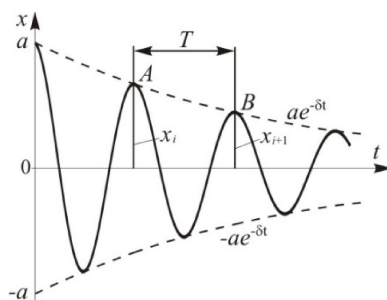
Слика 3. Модул еластичности одређен експериментално /Feyrer/

Примена оваквих резултата, који су одређени у статичким условима, је дискутабилна када се ради о динамичким процесима. Реалне вредности модула еластичности се могу добити на основу мерења у реалним условима рада постројења. Користећи функционалне зависности између крутости (c), фреквенције (ω) и модула еластичности (E) може се одредити вредност модула еластичности на основу периода осиловања (T) односно учестаности (f) одређених на дијаграмима добијених експерименталним путем, према:

$$E = \frac{l \cdot \omega^2 \cdot M_e}{A}$$

где је: $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$ - кружна фреквенција осциловања, а (T) односно (f) је одређено са дијаграма,

$M_e = M + q(L - 2l/3)$ – еквивалентна редукована осцилаторна маса.



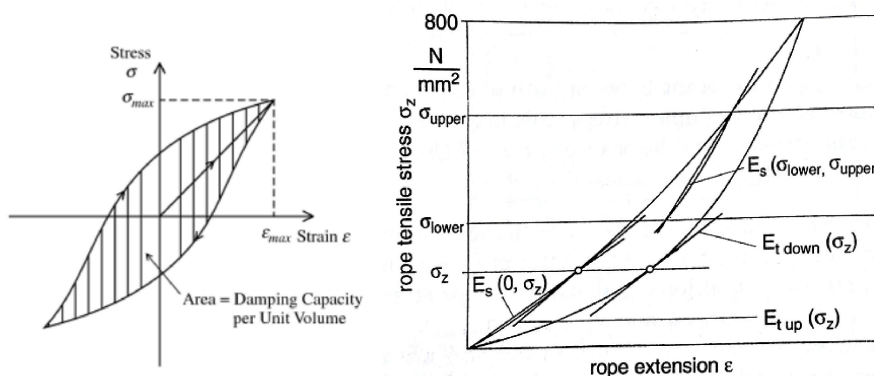
Слика 4. Амплитуде и период пригушених осцилација

Пригушење код челичног ужета

У оквиру осциловања машинских система јављају се три облика пригушења:

- Унутрашње пригушење у материјалу
- Кулоново (суво) трење
- Отпор средине (флуидно пригушење)

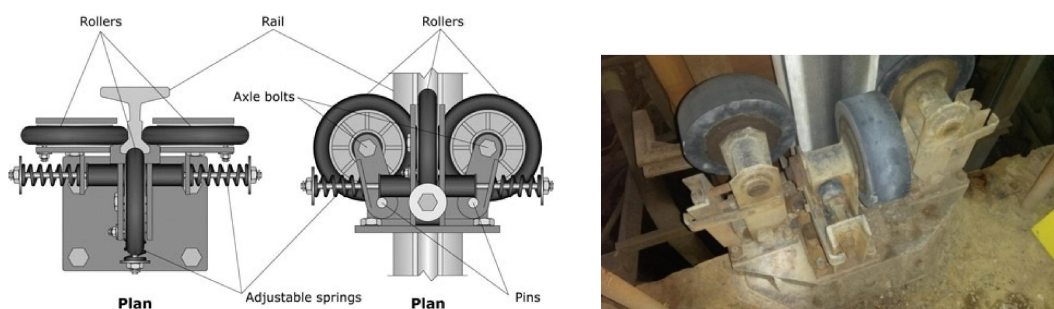
Унутрашње пригушење се најчешће моделира као чисто вискозно пригушење али се много чешће јавља као последица унутрашњег трења у материјалу тзв. хистерезиса. Ово пригушење је карактеристично за већину хомогених материјала. За разлику од вискозног пригушења сила пригушења не зависи од фреквенције већ зависи од површине хистерезиса, односно губитка енергије при цикличном оптерећењу.



Слика 5. Хистерзисне површине код хомогених материјала и челичног ужета

Код челичног ужета треба очекивати да преовладаје хистерезисно пригушење (као код хомогених материјала-метала) при чему треба имати у виду да величина овог пригушења не зависи од облика хистерезиса већ од његове површине. Али због сложене конструкције, посебно код ужета са пластичним језгром, могућ је и удео вискозног пригушења. Не постоје значајнији резултати па би била неопходна експериментална испитивања овог параметра код челичних ужади.

Кулоново пригушење се код извозних постројења се јавља у вођицама коша и контр тега, сл. 6. Сила трења се може узети као константна величина која зависи од коефицијента трења и нормалне силе са супротним смером у односу на кретање. Код централног вешања кабине величина нормална сила зависи од величине преднапрезања опруге точкова. Код ексцентричног вешања (нпр. руксак систем) и код ексцентричног положаја терета у кабини нормална сила зависи од конструктивних параметара кабине и може бити велика.



Слика 6. Вођице извозног постројења

У случају центричног оптерећења кабине (коша) тако да је укупна сила Кулоновог трења на вођицама:

$$F_T = n_v \cdot n_t \cdot \mu \cdot F_N$$

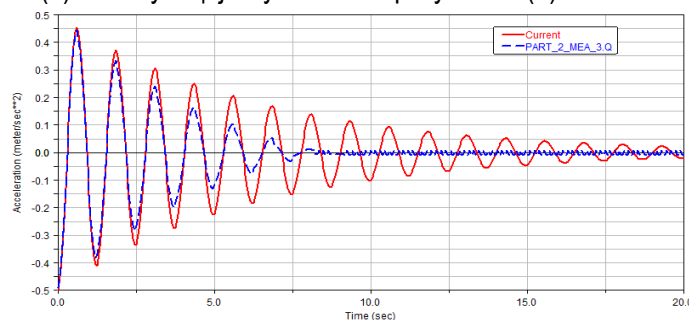
где је: $n_v=4$ —број група точкова за вођење (две вођице),

$n_t=3$ — број точкова у групи за вођење,

μ - отпор котрљања точка по вођици,

F_N —сила притиска точка на вођицу која зависи од сила у опругама (монтажа) .

У случају мањих убрзања и успорења и већег оптерећења точкова за вођење или ексцентричног оптерећења кабине ово пригушење се не може занемарити. Нпр. за кочење са успорењем од 0.5 m/s^2 и силом притезања преко опруга точкова од 500 N и остале параметре извозног постројења на сл. 7 приказани су дијаграми са (а) и без утицаја Кулоновог пригушења (б).



Слика 7. Дијаграм утицаја Кулоновог трења на укупно пригушење

Флуидно пригушење (отпор средине) се јавља код извозних постројења због опструјавања ваздуха при осциловању коша у окну. Утицај отпора ваздуха код лифтова и извозних постројења се може занемарити у односу на пригушење у ужадима.

Сходно претходном може се констатовати да при анализи динамичког понашања извозног постројења пригушење се може моделирати као пригушење које се састоји од унутрашњег пригушења хистерезисног типа и Кулоновог пригушења које се јавља на вођицама коша.

Слично као и модул еластичности укупни коефицијент пригушења се може одредити мерењима осциловања коша извозног постројења. На основу теорије слободних хармонијских осцилација са пригушењем мерењем аплитуда осциловања, сл. 4, може се одредити логаритамски декремент а на основу њега и коефицијенти пригушења према:

$$D = \ln \frac{x_i}{x_{i+1}} = \frac{1}{n} \ln \frac{x_i}{x_{i+n}} = \delta \cdot T \rightarrow \delta = \frac{D}{T}$$

па је фактор пригушења:

$$b = 2\delta M_e$$

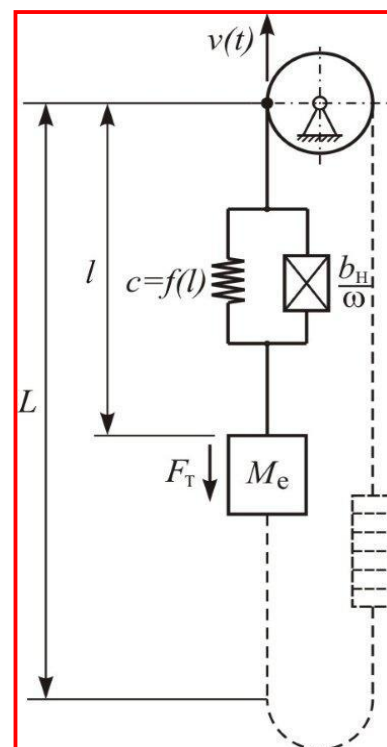
где је: x_i, x_{i+1} и x_{i+n} — измерене амплитуде за (1) односно (n) перида,

T — измерени период осциловања,

M_e — редукована осцилаторна маса (маса кабине, терета и дела ужади).

2.3 Карактеристике момента и кинематских параметара погона

Поред моделирања носећих елемената (челичних ужади), од посебног значаја је моделирање карактеристика погона. Због значајне разлике у крутостима ужади и елемената погонског механизма, они се могу посматрати као апсолутно крути уз редукују маса и момената инерције на вратило ужетњаче. Ако се познају све карактеристике погонског механизма могуће је динамичку анализу извршити задавањем момента и инерционих карактеристика на вратилу ужетњаче. Ако не постоје сви потребни подаци код постојећих постројења могуће је користити тзв. кинематички услов представљен обимном брзином (брзина дизања) или бројем обртаја ужетњаче у функцији времена које је могуће одредити директним мерењем у машинској просторији погона.

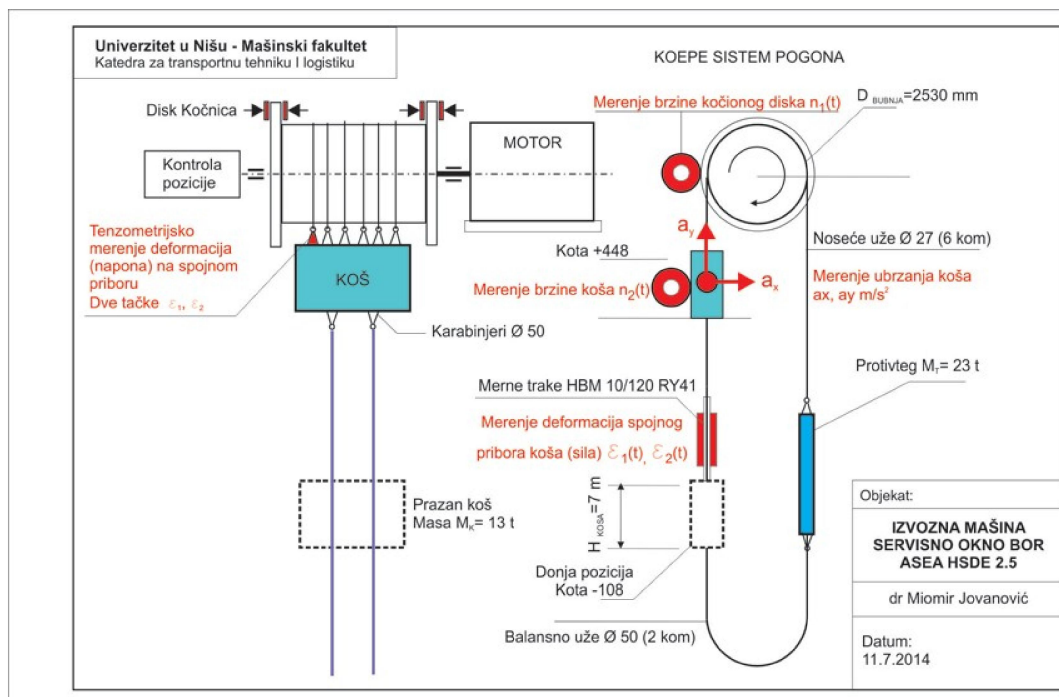


2.4 Метродажни динамички модел за извозно постројење

На основу претходне анализе, за случај извозног постројења Коере типа, са погонском ужетњачом изнад окна се може дефинисати метродаван модел за динамичку анализу у облику приказаном на сл... Метродавни модел представља осцилаторни систем са једним степеном слободне, са ужадима која су описана еквивалентним Келвиновим моделом при чему се крутост при дизању мења са променом слободне дужине ужета док је пригушење хистерезисног типа где је укључено и трење у вођицама. Маса се узима као константна величина за одговарајући осцилаторни процес али се разматрају различите варијанте (празна кабина, пуна кабина и редукована тежина ужади).

3. МЕРЕЊА И ОДРЕЂИВАЊЕ ДИНАМИЧКИХ ПАРАМЕТАРА НА ИЗВОЗНОМ ПОСТРОЈЕЊУ РТБ БОР

Експерименти су извршени на рудничкој извозној машини носовости 22 t, шематски приказаној на сл. 8, а чије су карактеристике: маса празног коша 13 t, маса противтега (подешавајућа) 18-23 t, 6 ужади (пречника 27 mm) масе по дужном метру ~15 kg/m. Висина дизања је приближно 520 m. Возно окно је кружно попречног пресека, пречника 10 m. Максимална пројектована брзина дизања коша је 16 m/s, али тренутно је смањена је на 4 m/s. Пренос силе на носеће елементе (ужад) остварује се путем трења (Коере систем) са ужетњаче са жлебовима, сл. 8. Извозно постројење погоњено је електромотором ASEA, HSDE-2,5 номиналне/потезне снаге (монемта) 1500/2860 kW (117,2/233,4 kNm) и максималним бројем обртаја ротора 122,2 o/min.



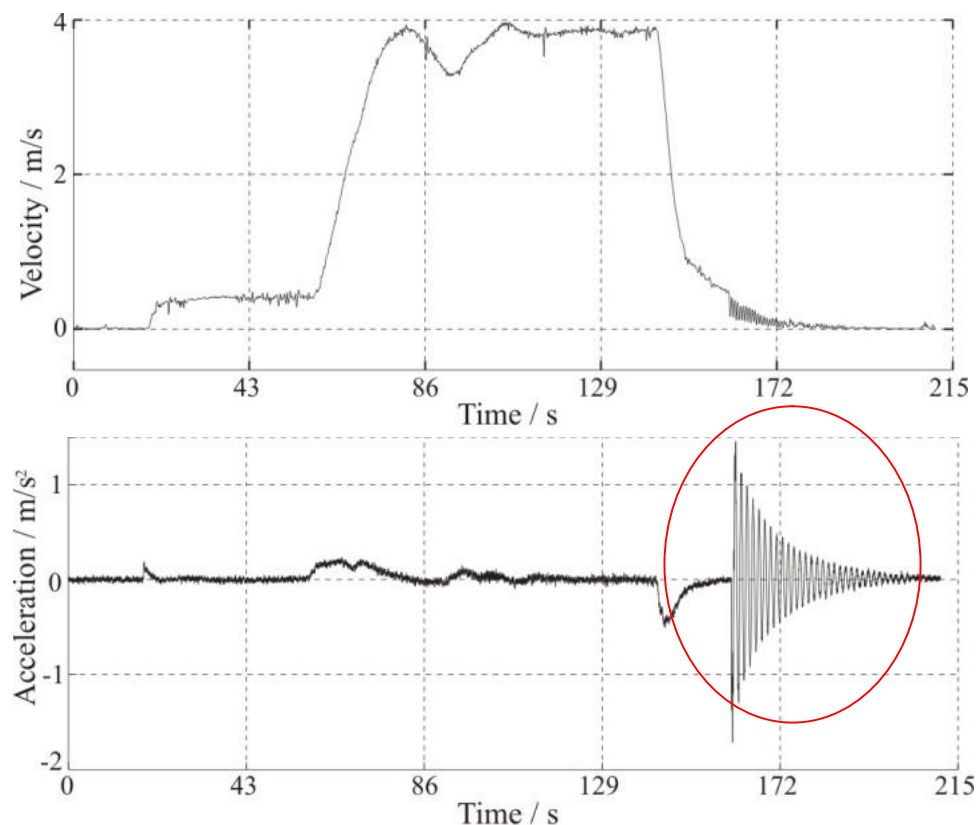
Слика 8. Погонска машина и шематски приказ распореда мерних места

Распоред мерних места је приказан шематски на сл. 8. Мерни систем се састојао од мерног појачивача HBM MGC+, рачунара са софтвером HBM CATMAN-AP, инкременталног енкодера, троаксијалног сензора убрзања PHILIPS PR 9369/10 и две мерне траке постављених на спојном прибору коша са ужадима, сл. 9.



Слика 9. Мерне траке на спојном прибору извозне машине, давач броја обртаја и део мерне опреме на кошу

На сл. 10 приказани су резултати мерења брзине и убрзања на кошу постројења.

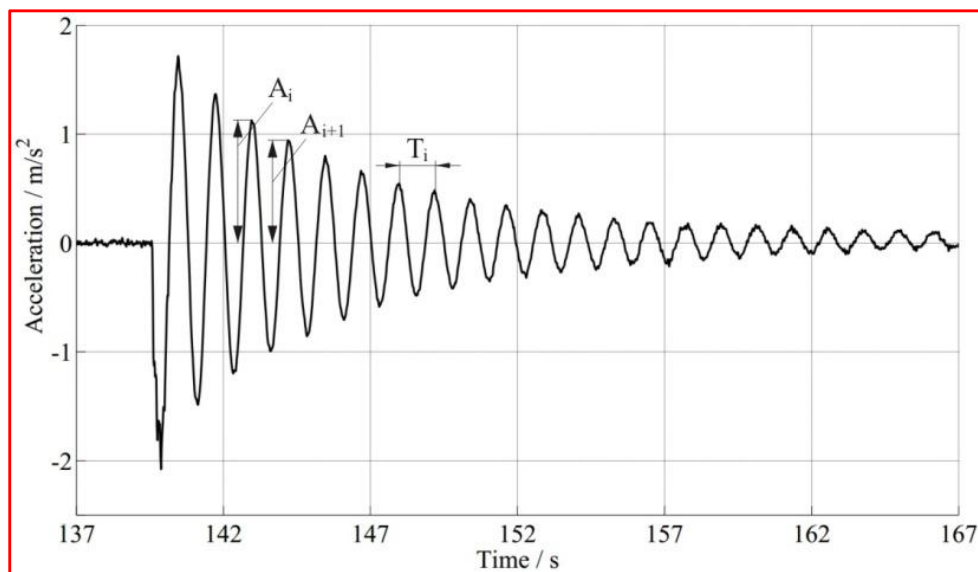


Слика 10. Приказ записа инкременталног енкодера на ужетњачи и кошу

Одређивање параметара динамичког модела ће бити приказано за четири случаја

- При кретању “пуног коша” са локомотивом масе ~ 11 t од површине тла на доле до приближно средине возног окна ~ 235 m.
- При кретању пуног коша са локомотивом од средине возног окна на доле до коте ~ 480 m.
- При кретању празног коша од средине возног окна ~ 235 m на доле до ~ 480 m.
- При кретању празног коша са коте ~ 480 m возног окна до горе ~ 19 m.

За одређивање динамичких параметара меродавне су слободне осцилације које наступају од тренутка потпуног заустављања (кочења) погонске ужетњаче (маркирани део дијаграма убрзања). Са мерних дијаграма је могуће одређујући период осциловања односно фреквенцију и логаритамски декремент пригушења, сл. 11.



Слика 11. Меродавне величине на запису акцелератора на кошу постројења

Табела 2. Величине добијене мерењем

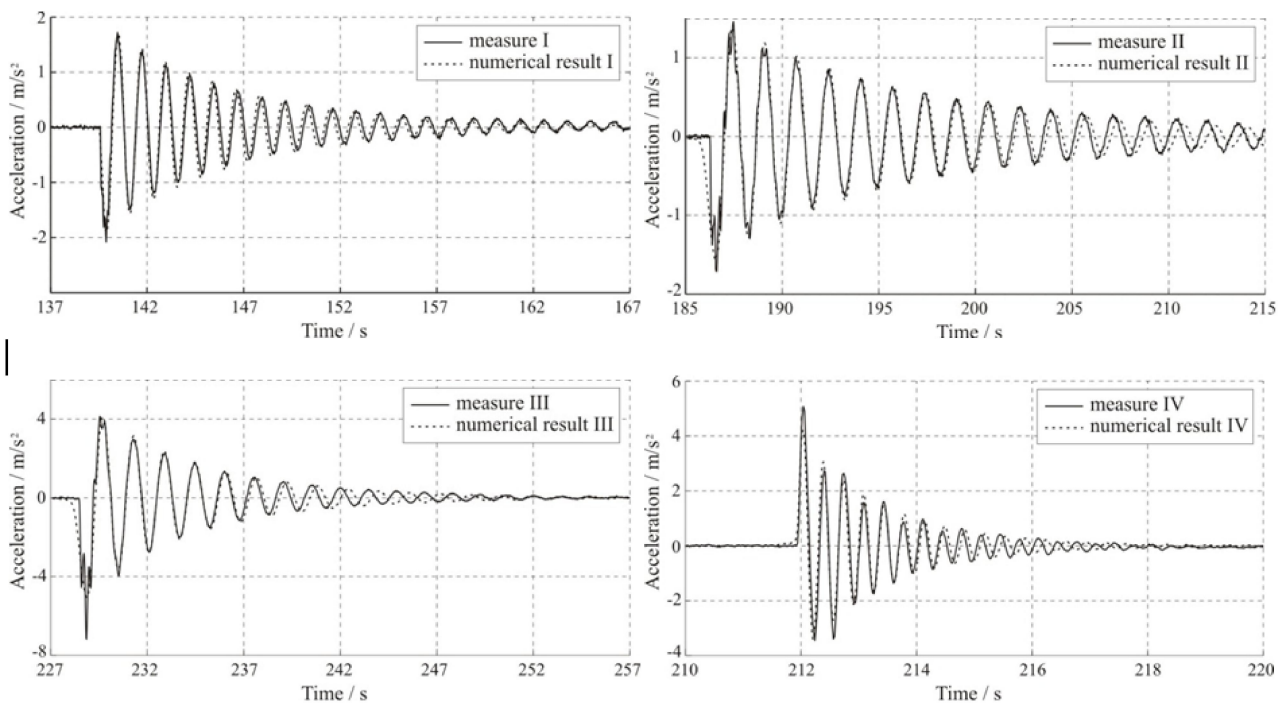
	M_e / kg	L / m	T / s	ω / rad/s	x_i / m/s ²	x_{i+1} / m/s ²
a) ↓	31 100	20÷ 240	1,22	5,15	1,1263	0,9429
b) ↓	28 700	240÷ 480	1,66	3,77	0,9924	0,8508
c) ↓	17 700	240÷ 480	1,6	3,96	1,7424	1,3091
d) ↑	22 300	480÷ 20	0,35	17,96	1,6248	1,2781

M_e – редукована маса, L – слободна дужина ужади, T – период осциловања, ω – кружна фреквенција, x – амплитуда осциловања

Табела 3. Израчунате величине

	σ / MPa	E / MPa	c / N/m	$D=\ln(x_i/x_{i+1})$	b / Ns/m	δ / s ⁻¹	δ/ω
a) ↓	195,6	126 908	824 904	0,18	9295	0,15	0,029
b) ↓	180,5	125 530	407 972	0,14	5310	0,09	0,024
c) ↓	111,3	85 377	277 476	0,28	6143	0,17	0,043
d) ↑	140,2	92 219	7 193 116	0,24	30774	0,69	0,039

σ – напон у ужету, E – модул еластичности, c – коефицијент крутости, D – логаритамски декремент, b – параметар пригушења, δ – коефицијент пригушења.



Слика 12. Корелација мерених резултата и резултата симулационих модела за наведене режиме рада постројења

Поређењем измерених резултата са резултатима симулационих модела израђених у софтверу за динамичку анализу - MSC ADAMS, на бази горе одређених динамичких параметара, може се констатовати задовољавајуће слагање резултата, чиме је извршена верификација методе.

Прилози

1. Одлука о именовању рецензената
2. Мишљење рецензената
3. Одлука о прихватању техничког решења



Факултет за машинство и грађевинарство у Краљеву

Универзитета у Крагујевцу

36000 Краљево, Доситејева 19
Тел/факс 036 383 269, 383 377
The Faculty of Mechanical
and Civil Engineering in Kraljevo
The University of Kragujevac
Serbia, 36000 Kraljevo, Dositejeva 19
Phone/fax +381 36 383 269, 383 377
Email: office@mfkv.kg.ac.rs
www.mfkv.kg.ac.rs

Датум: 19.12.2014. год.

РЕЦЕНЗИЈА

Мишљење о испуњености критеријума за признање техничког решења

Назив: ТЕОРИЈСКО - ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА МЕТОДА ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ КРУТОСТИ, МОДУЛА ЕЛАСТИЧНОСТИ И ПРИГУШЕЊА ЧЕЛИЧНИХ УЖАДИ КОД ЛИФТОВА И ИЗВОЗНИХ ПОСТРОЈЕЊА

Аутори: др Јован Владић, редовни професор, мр Радомир Ђокић, асистент, др Миомир Јовановић, редовни професор

Категорија техничког решења: (M85) Нова метода

ОБРАЗЛОЖЕЊЕ

Предложено решење урађено је за:

Факултет техничких наука и Машински факултет у Нишу а за потребе пројекта: "Теоријско-експериментална истраживања транспортних машинских система" број ТР 035049, руководилац пројекта професор др Миомир Јовановић, руководилац подпројекта професор др Јован Владић.

Субјекти који користе решење су:

Факултет техничких наука у Новом Саду, Машински факултет у Нишу и TRC рго Нови Сад. Субјект који је решење прихватио: Факултет техничких наука у Новом Саду

Начин верификације:

Техничко решење је верификовано корелацијом резултата мерења изведеним на извозном постројењу РТБ БОР - Извештај бр. 612-22-97/14 од 17.07.2014. год. и резултата нумеричке анализе референтног динамичког модела симулацијама изведених у софтверу за динамичку анализу АДАМС.



Факултет за машинство и грађевинарство у Краљеву

Универзитета у Крагујевцу

36000 Краљево, Доситејева 19
Тел/факс 036 383 269, 383 377
The Faculty of Mechanical
and Civil Engineering in Kraljevo
The University of Kragujevac
Serbia, 36000 Kraljevo, Dositejeva 19
Phone/fax +381 36 383 269, 383 377
Email: office@mfkv.kg.ac.rs
www.mfkv.kg.ac.rs

Предложено решење се користи на следећи начин:

Метода базира на комбинованом теоријско – експерименталном поступку. Теоријска анализа подразумева поступак дефинисања меродавног динамичког модела са једним степеном слободе на основу анализе карактеристика реалног постројења док се експериментални део односи на поступак коришћења резултата мерења убрзања путем акцелерометра, сила у ужадима путем мерних трака или брзине путем инкременталног давача. На основу релација теорије слободних осцилација са пригушењем и измерених вредности убрзања, брзине или сила у ужадима могуће је одређивање крутости, модула еластичности и пригушења у реалним условима у зависности од тренутног положаја кабине (коша) или противтега у тренутку заустављања кретања погонске ужетњаче.

Област на коју се техничко решење односи:

Област на коју се односи техничко решење је област динамике транспортних машина за вертикално дизање терета помоћу челичних ужади са погонском ужетњачом или погонским добошем а посебно у домену динамике лифтова и извозних постројења.

Проблем који се техничким решењем решава:

Нова метода омогућује одређивања реалних вредности крутости, модула еластичности и пригушења челичних ужади код транспортних машина за вертикално дизање терета првенствено код лифтова и извозних постројења која се налазе у експлоатацији.

Стање решености тог проблема у свету :

Динамичко понашање транспортних машина за вертикално дизање терета у првом реду зависи од механичких карактеристика челичног ужета. При анализи динамичког понашања машинских система формираних од хомогених тела са великом поузданошћу се могу користити литературни подаци за крутост, модул еластичности и пригушење добијених на основу многобројних испитивања. Челично уже представља сложено тело за које не постоји довољан број испитивања тако да коришћење постојећих података, може довести до значајних грешака у анализи. Ови подаци су добијени експериментима у лабораторијским условима при константној дужини ужета и односе се углавном на модул еластичности ужета док података о реалним вредностима пригушења нема.

Суштина техничког решења:

Техничко решење приказује поступак формирања меродавног (референтног) динамичког модела и начин комбиновања резултата мерења и важећих теоријских релација слободних осцилација за одређивање реалних вредности крутости, модула еластичности и пригушења челичних ужади код лифтова и извозних постројења у експлоатацији.



Факултет за машинство и грађевинарство у Краљеву
Универзитета у Крагујевцу

36000 Краљево, Доситејева 19
Тел/факс 036 383 269, 383 377
The Faculty of Mechanical
and Civil Engineering in Kraljevo
The University of Kragujevac
Serbia, 36000 Kraljevo, Dositejeva 19
Phone/fax +381 36 383 269, 383 377
Email: office@mfkv.kg.ac.rs
www.mfkv.kg.ac.rs

Могућности примене предложеног техничког решења:

Метода се може користити за одређивање реалних вредности крутости, модула еластичности и пригушења челичних ужади код извозних постројења у рударству и свих врста лифтова мада пуну вредност показује код експрес лифтова и извозних постројења (екстремни кинематски параметри) који се налазе у експлоатацији. Такође је могућа примена и код осталих транспортних система са вертикалним дизањем помоћу челичних ужади (мосне, порталне, контејнерске, грађевинске стубне дизалице итд.) уз одговарајући поступак дефинисања меродавног динамичког модела.

На основу детаљне анализе достављеног материјала у својству рецензента оцењујем да резултат научноистраживачког рада под називом: „ТЕОРИЈСКО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА МЕТОДА ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ КРУТОСТИ, МОДУЛА ЕЛАСТИЧНОСТИ И ПРИГУШЕЊА ЧЕЛИЧНИХ УЖАДИ КОД ЛИФТОВА И ИЗВОЗНИХ ПОСТРОЈЕЊА“ представља ауторско дело, које поред стручне компоненте пружа оригинални научноистраживачки допринос и по важећим критеријумима Правилника може се сврстати у категорију М85 - Нова метода.

Рецензент:

проф. др Миломир Гашић
Факултет за машинство и грађевинарство у
Краљеву



УНИВЕРЗИТЕТ
У НОВОМ САДУ



ФАКУЛТЕТ
ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Република Србија
Деканат: 021 6350-413; 021 450-810; Централа: 021 485 2000
Рачуноводство: 021 458-220; Студентска служба: 021 6350-763
Телефакс: 021 458-133; e-mail: ftndean@uns.ac.rs

ИНТЕГРИСАНИ
СИСТЕМ
МЕНАЏМЕНТА
СЕРТИФИКОВАН ОД:



РЕЦЕНЗИЈА

На основу достављеног материјала, у складу са одредбама *Правилника о поступку и начину вредновања, и квантитавном исказивању научноистраживачких резултата истраживача*, који је донео Национални савет за научни и технолошки развој Републике Србије (“Службени гласник РС”, бр. 38/2008), у својству рецензента оцењујем да су испуњени услови за признавање својства техничког решења следећем резултату научноистраживачког рада:

Назив: ТЕОРИЈСКО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА МЕТОДА ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ КРУТОСТИ, МОДУЛА ЕЛЕАСТИЧНОСТИ И ПРИГУШЕЊА ЧЕЛИЧНИХ УЖАДИ КОД ЛИФТОВА И ИЗВОЗНИХ ПОСТРОЈЕЊА

Аутори:

др Јован Владић, редовни професор, мр Радомир Ђокић, асистент, др Миомир Јовановић, редовни професор

Категорија техничког решења: (М85) *Нова метода*

Образложење

Предложено решење урађено је за Факултет техничких наука и Машински факултет у Нишу а за потребе пројекта: “**Теоријско-експериментална истраживања транспортних машинских система**” број ТР 035049, руководилац пројекта проф. др Миомир Јовановић, руководилац подпројекта проф. др Јован Владић.

Ко ће користити техничко решење:

Факултет техничких наука у Новом Саду, Машински факултет у Нишу и TRC PRO d.o.o. из Петроварадина.

Ко је прихватио техничко решење:

Факултет техничких наука у Новом Саду

Начин верификације:

Техничко решење је верификовано корелациом резултата мерења изведеним на извозном постројењу РТБ БОР у Бору - Извештај бр. 612-22-97/14 од 17.07.2014. године и резултата нумеричке анализе референтног динамичког модела симулацијама изведених у софтверу за динамичку анализу MSC Adams.



УНИВЕРЗИТЕТ
У НОВОМ САДУ



ФАКУЛТЕТ
ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Република Србија
Деканат: 021 6350-413; 021 450-810; Централа: 021 485 2000
Рачуноводство: 021 458-220; Студентска служба: 021 6350-763
Телефакс: 021 458-133; e-mail: ftndean@uns.ac.rs

ИНТЕГРИСАНИ
СИСТЕМ
МЕНАЏМЕНТА
СЕРТИФИКОВАН ОД:



Како се користи техничко решење:

На основу теоријске анализе дефинише се поступак формирања меродавног динамичког модела са једним степеном слободе који одговара карактеристикама реалног постројења. Експериментални део се односи на поступак коришћења резултата мерења за одређивање периода осциловања и логаритамског декремента пригушења на основу измерених амплитуда осциловања. На основу релација теорије слободних осцилација са пригушењем и измерених вредности убрзања, брзине или сила у ужадима могуће је одређивање крутости, модула еластичности и пригушења у реалним условима у зависности од тренутног положаја кабине (коша) или противтега у тренутку заустављања кретања погонске ужетњаче.

Област на коју се техничко решење односи:

Област на коју се односи техничко решење је област динамике транспортних машина за вертикално дизање терета помоћу челичних ужади са погонском ужетњачом или погонским добошем, а посебно у домену динамике лифтова и извозних постројења.

Проблем који се техничким решењем решава:

Нова метода омогућује одређивање реалних вредности крутости, модула еластичности и пригушења челичних ужади код транспортних машина за вертикално дизање терета а првенствено је намењена за анализу динамичког понашања код лифтова и извозних постројења која се налазе у експлоатацији.

Стање решености тог проблема у свету:

Динамичко понашање транспортних машина за вертикално дизање терета у првом реду зависи од механичких карактеристика челичног ужета. При анализи динамичког понашања машинских система формираних од хомогених тела са великом поузданошћу се могу користити литературни подаци за крутост, модул еластичности и пригушење добијени на основу многобројних испитивања. Челично уже представља сложено тело па на динамичке параметре утиче велик број фактора тако да не постоји довољан број испитивања ако би се они са задовољавајућом поузданошћу могли користити при разним анализама. Постојећи подаци се односе на експерименте изведене у лабораторијским условима при константној дужини ужета и дефинишу углавном модул еластичности ужета, док релевантних података о реалним вредностима пригушења нема.

Суштина техничког решења:

Техничко решење приказује поступак формирања меродавног (референтног) динамичког модела и начин комбиновања резултата мерења и важећих теоријских релација слободних осцилација за одређивање реалних вредности крутости, модула еластичности и пригушења челичних ужади код лифтова и извозних постројења у експлоатацији.

Могућности примене предложеног техничког решења:

Метода се може користити за одређивање реалних вредности крутости, модула еластичности и пригушења челичних ужади код извозних постројења у рударству и свих врста



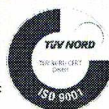
УНИВЕРЗИТЕТ
У НОВОМ САДУ



ФАКУЛТЕТ
ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Република Србија
Деканат: 021 6350-413; 021 450-810; Централа: 021 485 2000
Рачуноводство: 021 458-220; Студентска служба: 021 6350-763
Телефакс: 021 458-133; e-mail: ftndeans@uns.ac.rs

ИНТЕГРИСАНИ
СИСТЕМ
МЕНАџМЕНТА
СЕРТИФИКОВАН ОД:



лифтова који се налазе у експлоатацији. Примена код осталих транспортних система са вертикалним дизањем помоћу челичних ужади захтева разраду поступка за дефинисања меродавног динамичког модела.

Закључак:

На основу горе наведеног и анализе достављеног материјала у својству рецензента констатујем да техничко решење под називом: „ТЕОРИЈСКО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА МЕТОДА ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ КРУТОСТИ, МОДУЛА ЕЛЕАСТИЧНОСТИ И ПРИГУШЕЊА ЧЕЛИЧНИХ УЖАДИ КОД ЛИФТОВА И ИЗВОЗНИХ ПОСТРОЈЕЊА“ представља квалитетан и оригинални научноистраживачки допринос који је намењен струци и по важећим критеријумима Правилника може се сврстати у категорију М85 (Нова метода).

У Новом Саду, 19.12.2014. год.

Рецензент:

др Растислав Шостаков, ванр. проф.
Факултет техничких наука у Новом Саду



УНИВЕРЗИТЕТ
У НОВОМ САДУ



ФАКУЛТЕТ
ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Република Србија
Деканат: 021 6350-413; 021 450-810; Централa: 021 485 2000
Рачуноводство: 021 458-220; Студентска служба: 021 6350-763
Телефакс: 021 458-133; e-mail: ftndean@uns.ac.rs

ИНТЕГРИСАНИ
СИСТЕМ
МЕНАџМЕНТА
СЕРТИФИКОВАН ОД:



Наш број: 01.сл

Ваш број:

Датум: 2015-01-05

ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА

Наставно-научно веће Факултета техничких наука у Новом Саду, на 33. седници одржаној дана 24.12.2014. године, донело је следећу одлуку:

-непотребно изостављено-

ТАЧКА 13. Питања научноистраживачког рада и међународне сарадње

Тачка 13.1.14.: На основу позитивног извештаја рецензената верификује се техничко решење под називом:

Назив техничког решења:

**„ТЕОРИЈСКО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА МЕТОДА ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ КРУТОСТИ,
МОДУЛА ЕЛАСТИЧНОСТИ И ПРИГУШЕЊА ЧЕЛИЧНИХ УЖАДИ КОД
ЛИФТОВА И ИЗВОЗНИХ ПОСТРОЈЕЊА“**

Аутори техничког решења: др Јован Владић, мр Радомир Ђокић, др Миомир Јовановић

-непотребно изостављено-

Записник водила:

Јасмина Димић, дипл. правник

Тачност података оверава:
Секретар

Иван Нешковић, дипл. правник



Декан

Проф. др Радослав Дорословачки