

# МОТАУТО

## 2003

### Направление „Двигатели с вътрешно горене”

- PROJECT HYDROGEN AS ALTERNATIVE FUEL FOR SI ENGINE
- THE EFFECT OF TUMBLE ON FLAME FRONT SHAPE AND ITS DISPLACEMENT IN S.I. ENGINES
- ИЗСЛЕДВАНЕ РАБОТНИЯ ПРОЦЕС НА ДИЗЕЛОВ ДВИГАТЕЛ ПРИ ИЗПОЛЗВАНЕ НА РАЗЛИЧНИ ДОБАВКИ
- ИЗСЛЕДВАНЕ ПАРАМЕТРИТЕ НА ГОРИВНИЯ ПРОЦЕС И ПОКАЗАТЕЛИТЕ НА ДВИГАТЕЛ Д-3900 ПРИ РАБОТА С РАЗЛИЧНИ ГОРИВОНАГНЕТАТЕЛНИ ПОМПИ
- МЕТОДИКА ЗА ИЗПИТВАНЕ НА ГОРИВО-РАЗХОДОМЕРНА ПОМПА
- УРАВНОВЕСЯВАНЕ НА НЕЕЛАСТИЧНИ РОТОРИ С ИЗПОЛЗВАНЕ НА MATLAB
- МЕТОДИКИ ЗА ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ДЕМПФИРАНЕТО В ГАЗОРАЗПРЕДЕЛИТЕЛНИ МЕХАНИЗМИ
- ЕКОЛОГИЧНИ ИЗИСКВАНИЯ И ПРЕДЕЛНО ДОПУСТИМИ НОРМИ ПРИ ДИЗЕЛОВИТЕ ДВИГАТЕЛИ С ВЪТРЕШНО ГОРЕНЕ ПРЕДНАЗНАЧЕНИ ЗА ИЗВЪНПЪТНИ МАШИНИ
- РАЗВИТИЕТО НА ДИЗЕЛОВИТЕ ДВИГАТЕЛИ И СЪВРЕМЕННИТЕ ЕКОЛОГИЧНИ ИЗИСКВАНИЯ
- МЕТОДИ И СРЕДСТВА ЗА ПОДОБРЯВАНЕ НА МОЩНОСТНИТЕ И ИКОНОМИЧНИТЕ ПОКАЗАТЕЛИ НА ДИЗЕЛОВИТЕ ДВИГАТЕЛИ
- СЪВРЕМЕННИ ИЗИСКВАНИЯ КЪМ АВТОМОБИЛНИТЕ ГОРИВА
- СИСТЕМА ЗА ОПТИМИЗИРАНЕ РАБОТАТА НА ДВИГАТЕЛИ, РАБОТЕЩИ С ГОРИВА ПРОПАН-БУТАН (LPG) И МЕТАН (CNG)
- АДАПТИВЕН СИМУЛАЦИОНЕН МОДЕЛ НА ТУРБОКОМПРЕСОРАН АГРЕГАТ ИЗОБАРНА ТУРБИНА
- ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПАРАМЕТРИТЕ НА ГОРИВОПОДАВАНЕТО И ГОРИВНИЯ ПРОЦЕС НА ДВИГАТЕЛ Д-3900 СЪС СИСТЕМА ЗА ИЗПИТВАНЕ С КОМПЮТЪРНО УПРАВЛЕНИЕ
- ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ МОТОКАРЕН АГРЕГАТ „ДВГ-ХДП” ПРИ РАБОТА НА ДВИГАТЕЛЯ И НА ЧАСТИЧНИ РЕЖИМИ
- ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ МОТОКАРЕН АГРЕГАТ „TM20 LPG – SSL11”
- MODERN DIESEL ENGINES – TECHNICAL POSSIBILITIES FOR USE IN SMALL ENGINES
- A MOTOR-TEST OF PISTON WITH A DIFFUSIVE LAYER OF BORON-TITANIUM OVER A JOINT

### Направление „Автомобилна техника и транспорт”

- PROJECT OF VEHICLE MODEL WITH TWO STEERING AXLES
- OPTIMAL DESIGN OF DUMP TRUCK BODY BASED ON FINITE ELEMENT MODEL
- ANALYSIS OF INFLUENCE OF REGULATIONS CHANGE ON TO THE CAR BODY

## BEHAVIOUR

- TECHNICAL IMPROVEMENTS ON A SLAVA FLORIDA VEHICLE TO THE END OF SATISFYING MARKET DEMANDS AND VALID VEHICLE HOMOLOGATION REGULATIONS
- METHODOLOGY OF PASSENGER VEHICLE DEVELOPMENT
- АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ ПАССАЖИРОВ В ОПТИМИЗАЦИОННЫХ ЗАДАЧАХ ОРГАНИЗАЦИИ ГОРОДСКИХ АВТОБУСНЫХ ПЕРЕВОЗОК
- LOGISTICAL ASPECTS OF INFORMATIVE SYSTEM FOR MAINTENANCE THE MOTOR VEHICLES. FROM THE ASPECT OF SAFETY OF THE ROAD TRANSPORT
- INFLUENCE OF VEHICLE PARAMETER VARIATION ON THE RESULTS OF SEVERAL DAMPER TEST METHODS
- TESTS AND EVALUATION OF THERMOSEALABLE TAR PAPER QUALITY WITH NON – CONVENTIONAL METHODS
- SUN RADIATION EFFECT ON TEMPERATURE SPAN IN BITUMINOUS ROAD SURFACES
- ИЗСЛЕДВАНЕ СЦЕПЛЕНИЕТО НА ПНЕВМАТИЧНА ГУМА ПРИ СЪВМЕСТНО ДЕЙСТВИЕ НА НАДЛЪЖНА И НАПРЕЧНА СИЛА
- ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЗАКОНА НА ОТКЛОНЕНИЕ НА УПРАВЛЯЕМИТЕ КОЛЕЛА ПРИ МАНЕВРА СМЯНА НА ЛЕНТАТА НА ДВИЖЕНИЕ
- МОДЕЛИРАНЕ НА ДВИЖЕНИЕТО НА АВТОМОБИЛ ПРИ СМЯНА НА ЛЕНТАТА НА ДВИЖЕНИЕ
- МОДЕЛ ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ ИЗМЕНЕНИЕТО НА СЦЕПЛЕНИЕТО НА АВТОМОБИЛА
- METHOD OF DEFINITION OF THE OPTIMAL DIMENSTIONS AND RELATIONS OF MAIN PARAMETERS OF MOTOR-GUIDED VEHICLES
- МЕТОД ЗА КИНЕМАТИЧЕН АНАЛИЗ НА ТОРЗИОННО-ЛОСТОВО ОКАЧВАНЕ СЪС СВЪРЗАНИ ЛОСТОВЕ НА ЗАДЕН МОСТ НА КОЛЕСНА МАШИНА 4x2
- МЕТОД ЗА КИНЕМАТИЧЕН АНАЛИЗ НА ЗАВИСИМО ЛОСТОВО-ПРУЖИННО ОКАЧВАНЕ С ДВА НАДЛЪЖНИ ЛОСТА И НАПРЕЧНА РЕАКТИВНА ЩАНГА НА ЗАДЕН МОСТ НА КОЛЕСНА МАШИНА 4x2
- СХЕМАТИЗАЦИЯ НА ПРОЦЕСА НА ИЗСЛЕДВАНЕ ПЛАВНОСТТА НА ДВИЖЕНИЕ ЗА ДВУ, ТРИ И ЧЕТИРИОСНИ АВТОМОБИЛИ
- ВЪЗМОЖНОСТИ НА АКТИВНОТО ОКАЧВАНЕ НА ТРАНСПОРТНО СРЕДСТВО В РЕЖИМ НА АВАРИЙНО СПИРАНЕ
- ИЗСЛЕДВАНЕ НА ОГРАНИЧИТЕЛ НА СКОРОСТТА С ЦЕЛ ПОДОБРЯВАНЕ НА БЕЗОПАСНОСТТА ПРИ АСАНСЬОРИТЕ
- АНАЛИЗ НА КОНСТРУКЦИЯТА И ТЕХНИЧЕСКИТЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА СЪВРЕМЕННИТЕ СПЕЦИАЛИЗИРАНИ КОЛЕСНИ ТРАКТОРИ ЗА ДЪРВОДОБИВА
- ЕЛЕКТРОУПРАВЛЯЕМА ПРЕДАВАТЕЛНА КУТИЯ ЗА КОЛЕСНИТЕ ТРАКТОРИ ОТ ФАМИЛИЯ "БОЛГАР"
- МЕТОДИ ЗА МОДЕЛИРАНЕ И АВТОМАТИЗАЦИЯ НА ЛОГИСТИЧНИ МРЕЖИ
- НЕОБХОДИМОСТ ОТ ВИРТУАЛНИ ПОДХОДИ ПРИ ПРОЕКТИРАНЕ И ПРОИЗВОДСТВО НА АВТОМОБИЛИ
- НЯКОИ ХАРАКТЕРНИ ОСОБЕНОСТИ ПРИ МОДЕЛИРАНЕ НА ПРОЦЕСА НА ТРИЕНЕ И ИЗНОСВАНЕ В АБРАЗИВНА СРЕДА
- РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ КОНКУРЕНТНОСПОСОБНОСТИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА НА РАННИХ СТАДИЯХ КОНСТРУИРОВАНИЯ
- METHOD OF ESTIMATION OF STEERING LINKAGE PARAMETERS AND SUSPENSION CHARACTERISTICS EFFECT ON MOTOR VEHICLE STABILITY AND RESPONSE
- PRE-DESIGN FORCASTING OF SUSPENSION SPRING ELEMENT MASS
- ON THE DAMPING FACTOR OF THE RUBBER PIECES
- ИЗСЛЕДВАНЕ НА ОСНОВНИ ПАРАМЕТРИ НА КОМБИНИРАНИТЕ ПРЕВОЗИ МЕЖДУ АВТОМОБИЛЕН И ВОДЕН ТРАНСПОРТ
- СРАВНИТЕЛЕН АНАЛИЗ НА МЕТОДИКТЕ ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА НАЛЯГАЩИЯТ В КОНТАКТНАТА ЗОНА НА ПРАВОЛЪННО ТЪРКАЛЯЩО СЕ АВТОМОБИЛНО

- КОЛЕЛО ПО НЕ ДЕФОРМИРУЕМА ОПОРНА ПОВЪРХНОСТ
- ИЗСЛЕДВАНЕ НА ОСНОВНИ ПАРАМЕТРИ НА КОМБИНИРАНИТЕ ПРЕВОЗИ
- МЕЖДУ АВТОМОБИЛЕН И ВОДЕН ТРАНСПОРТ
- THE INFLUENCE OF THE GEOMETRY OF THE TORQUE CONVERTERS ON THEIR PROPERTIES
- ОСИГУРЯВАНИЯТ СЕРВИЗ – ФАКТОР ЗА УВЕЛИЧАВАНЕ ПРОДАЖБИТЕ НА АВТОМОБИЛИ
- МАРКЕТИНГЪТ КАТО КОНЦЕПЦИЯ ЗА УПРАВЛЕНИЕ – КЛЮЧ КЪМ УСПЕХА
- ОСОБЕНОСТИ НА ПАЗАРА ЗА АВТОМОБИЛИ В БЪЛГАРИЯ
- ЕКОДИЗАЙН НА МЕХАНИЗИРАНА ГАРАЖНА СИСТЕМА
- ИЗСЛЕДВАНЕ И УСТАНОВЯВАНЕ ЕКСПЛОАТАЦИОННИТЕ ПОКАЗАТЕЛИ В РАБОТАТА НА ПЪТНИЧЕСКИЯТ ТАКСИМЕТРОВ ТРАНСПОРТ
- ИЗЧИСЛЯВАНЕ СТОЙНОСТИТЕ НА КООРДИНАТИТЕ НА ТОЧКИ ОТ КРИВАТА НА ПЪТЯ ПРИ ТЕХНИЧЕСКА ЕКСПЕРТИЗА НА ПЪТНОТРАНСПОРТНИТЕ ПРОИЗШЕСТВИЯ
- ИЗСЛЕДВАНЕ И АНАЛИЗ НА ИЗПОЛЗВАНЕТО НА АВТОМОБИЛНИТЕ ПАРКИНГИ В ГР. СОФИЯ
- ЭКСПРЕС-ДИАГНОСТИКА ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМОБИЛЯ И ЕЕ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЪ
- ОСНОВНЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ВЕЛИЧИНУ ОСЕВЫХ СИЛ В ШЛИЦЕВОМ СОЕДИНЕНИИ КАРДАННОЙ ПЕРЕДАЧИ АВТОМОБИЛЯ
- ВЛИЯНИЕ ВЪРХУ ОКОЛНАТА СРЕДА НА ИЗПОЛЗВАНЕТО НА ЛЕТИЩЕ СОФИЯ. ОСНОВНИ ЕЛЕМЕНТИ
- THE PRINCIPAL METHOD OF PREVENTING THE TRAFFIC ACCIDENTS

## Направление „Железопътна техника и транспорт”

- МОДЕЛИРОВАНИЕ СИЛЫ СЦЕПЛЕНИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ДВИЖЕНИЯ КОЛЕСА ПО РЕЛЬСУ
- ОПТИМИЗИРАНЕ ПРОЦЕСА НА ИМПУЛСНО ВЪЗДЕЙСТВИЕ ВЪРХУ ВАГОНИ С ЕДНОСТЕПЕННО РЕСОРНО ОКАЧВАНЕ
- ВЛИЯНИЕ НА КОРАВИНАТА НА РЕСОРИТЕ ПРИ ДВИЖЕНИЕ В КРИВИ
- СРАВНИТЕЛЕН АНАЛИЗ НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОТ СТАТИЧНИТЕ ЯКОСТНИ ИЗЧИСЛЕНИЯ И ИЗПИТВАНИЯ НА ВАГОН СЕРИЯ Falns
- СТАТИЧЕН ЯКОСТЕН АНАЛИЗ НА КОША НА ВАГОН СЕРИЯ Falns
- ИЗГРАЖДАНЕ НА ДИНАМИЧЕН МОДЕЛ ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ ДИНАМИЧНИТЕ НАТОВАРВАНИЯ ПРИ ИЗСЛЕДВАНЕТО НА ДИСКОВАТА СПИРАЧНА СИСТЕМА НА ПЪТНИЧЕСКИ ВАГОН
- АНАЛИЗ НА ФИНАНСОВОТО СЪСТОЯНИЕ НА “МЕТРОПОЛИТЕН” ЕАД
- ПАРАМЕТРИ НА ВЗАИМОДЕЙСТВИЕТО МЕЖДУ КОЛЕЛА И РЕЛСИ В ХОРИЗОНТАЛНА ПОСОКА
- ИЗИСКВАНИЯ КЪМ СЛЪНЧОГЛЕДОВОТО МАСЛО КАТО АЛТЕРНАТИВНО ГОРИВО В ДИЗЕЛОВИТЕ ДВИГАТЕЛИ
- АСПЕКТИ НА КРАЙГРАДСКИТЕ ЖЕЛЕЗОПЪТНИ ПРЕВОЗИ
- ТРАНСПОРТНОТО РАЗСТОЯНИЕ И ВРЕМЕПЪТУВАНЕТО – ВАЖНИ КРИТЕРИИ ПРИ ИЗБОРА НА ВИДА ТРАНСПОРТ
- МОДЕРНИЗАЦИЯ НА ЦЕНТРАЛНОТО ОКАЧВАНЕ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКИТЕ ЛОКОМОТИВИ СЕРИИ 44 И 45
- ТИПОВ РАЗПРЕДЕЛИТЕЛЕН ЗАКОН НА ОТНОСИТЕЛНИЯ РАЗХОД НА ДИЗЕЛОВО ГОРИВО НА ЛОКОМОТИВ СЕРИЯ 07 ПРИ ОБСЛУЖВАНЕ НА ПЪТНИЧЕСКИ ВЛАКОВЕ В Ж.П. УЧАСТЪКА ПЛОВДИВ – СВИЛЕНГРАД
- ВЪРХУ ИЗМЕРВАНЕТО НА УСКОРЕНИЕТО ПРИ УДАР НА БУФЕР
- ЦЕЛЕСЪОБРАЗНА СТРАТЕГИЯ ЗА ПРЕВОЗ НА ТОВАРНИ АВТОМОБИЛИ С

- ЖЕЛЕЗОПЪТЕН ТРАНСПОРТ ПО РЕЛАЦИЯТА ВИДИН – СВИЛЕНГРАД
- VEHICLE VIBRATION SIGNAL PROCESSING IN IDENTIFICATION OF THE CARRIAGEWAY PROFILE
- MULTICRITERIA DECISION-MAKING IN IDENTIFICATION OF THE PERMANENT WAY AND TRAIN BOGIE - INTEGRAL TRANSPORT SYSTEMS
- ОПТИМИЗИРАНЕ НА МАРШРУТНАТА СХЕМА НА ГРАДСКИЯ ТРАНСПОРТ

## Направление „Динамика, якост и надеждност на транспортни средства”

- ТРЕПТЕНИЯ НА МЕТРО-МОТРИСА ВЪВ ВЕРТИКАЛНАТА РАВНИНА ПРЕДИЗВИКАНИ ОТ НЕРАВНОСТИТЕ НА ПЪТЯ
- AN OPTIMAL DYNAMIC SYNTHESIS OF THE TRAM-WAGON SUSPENDING OF COUPLED TRAMCAR INCLUDING THE RAILWAY JOINT IMPACT EXCITATION
- ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА ОЦЕНКА НА РАБОТОСПОСОБНОСТТА НА МАТЕРИАЛА НА НАДЛЪЖНИЦИ ОТ ЛОПАТИ НА ВЕРТОЛЕТ
- МЕТОДИКА ЗА ГРУПОВА РАБОТА В ИНТРАНЕТ
- АНАЛИЗ НА МОДЕЛИТЕ, ОПИСВАЩИ АСИМЕТРИЧНО РАЗПРОСТРАНЯВАЩИ СЕ ПУКНАТИНИ
- ОПТИМИЗАЦИОННИ ИЗСЛЕДВАНИЯ НА СТОМАНЕНА ПРАВОЪГЪЛНА ГРЕДА С КОНЦЕНТРАТОР НА НАПРЕЖЕНИЯТА
- ОПИТНО ОПРЕДЕЛЯНЕ НОСЕЦАТА СПОСОБНОСТ НА МНОГОСЛОЙНИ ГРЕДИ ПРИ ОГЪВАНЕ
- РАЗПРЕДЕЛЕНИЕ НА НАПРЕЖЕНИЯТА И ДЕФОРМАЦИИТЕ ПРЕД ВЪРХА НА НАКЛОНЕНА ПУКНАТИНА В НЕЛИНЕЙНО ЕЛАСТИЧНА СРЕДА
- ВЪРХУ КРИТЕРИИТЕ ЗА НАЧАЛНО ПЛАСТИЧНО ДЕФОРМИРАНЕ И РАЗРУШАВАНЕ НА СІВ ЧУГУН
- ВЛИЯНИЕ НА СВЪРЗАНОСТТА НА ТРЕПТЕНИЯТА НА АВТОБУС ВЪРХУ АМПЛИТУДИТЕ ИМ
- РОБАСТНОСТ ПРИ ОПТИМАЛНИЯ ДИНАМИЧЕН СИНТЕЗ НА ОКАЧВАНЕТО НА КОША НА МЕТРО – ВАГОН 81 – 714.4

# ТРЕПТЕНИЯ НА МЕТРО-МОТРИСА ВЪВ ВЕРТИКАЛНАТА РАВНИНА ПРЕДИЗВИКАНИ ОТ НЕРАВНОСТИТЕ НА ПЪТЯ

ПОЛИХРОНОВ Г. Т.      България  
ДУНЧЕВ Г. К.            България  
КРАЛОВ И. М.           България  
СИНАПОВ П. В.        България

доц. д-р, Технически университет - София  
доц. д-р, Технически университет - София  
гл. ас. д-р, Технически университет - София  
докторант, Технически университет - София

*The four-wagon-metro-tram-car vertical vibrations are investigated in this study. The main excitator are the roughness of the rail-way road. Using the results done and their analisys the appropriate conclusions are proposed.*

## 1. СЪЩНОСТ НА ПРОБЛЕМА

Изследват се трептенията във вертикалната равнина на метро-мотриса, на която отделните вагони са свързани с автосцепка. Коша и двусоните талиги са еластично окачени.

Съществуват норми за собствените честоти на возила и максималните стойности на амплитудите на трептенията с цел подобряване на комфорта на возене. Тъй като кошовете и талигите са еластично окачени, то изменението на масовите и еластичните характеристики може да се използва за промяна на собствените честоти и амплитудите на трептенията.

Целта на тази работа е да се изгради подходящ динамичен модел и да се извърши изследване на вертикалните трептения метро-мотрисата, като се определят собствените честоти и максималните амплитуди. В резултат ще се дадат препоръки за подобряване комфорта на возене след ремонт на мотрисата.

## 2. ДИНАМИЧЕН МОДЕЛ И ДИФЕРЕНЦИАЛНИ УРАВНЕНИЯ НА ДВИЖЕНИЕ

Динамичният модел, описващ трептенията на метро-мотриса (четиривагонно-съчленено железопътно возило) с двусони талиги е показан на фиг. 1. Отчитат се масовите и инерционните характеристики на кошовете, талигите и автосцепките, както и еластичните и дисипативните характеристики на окачването.

Извършени са следните означения:

$m_k, m_b, m_A$  – са масите съответно на кошовете, талигите и автосцепките;

$I_k, I_b, I_A$  – масови инерционни моменти съответно на кошовете, талигите и автосцепките спрямо главната централна инерционна ос  $Oy$ ;

$c_k, c_b$  – коефициенти на еластичност на комплект пружини на централното и буксово окачване;

$b_k, b_b$  – коефициенти на линейно съпротивление на централното и буксово окачване;  
 $L_k, L_A, L_v, l_i$  – геометрични размери на динамичния модел;

$L$  – дължината на вълната на кинематичното смущение.

Абсолютните координати са:

$z_{ki}$  – вертикалните премествания на масовите центри на кошовете, ( $i=1,2,\dots,4$ );

$\varphi_{ki}$  – ъгловите завъртания на кошовете около ос  $Oy$ , ( $i=1,2,\dots,4$ );

$z_{bj}$  – вертикалните премествания на масовите центри на талигите, ( $j=1,2,\dots,8$ );

$\varphi_{bj}$  – ъгловите завъртания на талигите около ос  $Oy$ , ( $j=1,2,\dots,8$ );

$z_{An}$  – вертикалните премествания на масовите центри на автосцепките, ( $n=1,2,3$ );

$\varphi_{An}$  – ъгловите завъртания на автосцепките около ос  $Oy$ , ( $n=1,2,3$ );

$\eta_j$  – кинематичното смущение от пътя, ( $j=1,2,\dots,16$ ).

Железопътното возило е сложна механична система, състояща се от тела, еластично свързани помежду си, които взаимно си влияят. При изследването на много теоретични задачи тези системи се разглеждат, като системи със симетрично разположени тела (кош, талига, колооси и др.), при което статичното натоварване на колоосите е еднакво. В системата на окачването еластичните и съпротивителните сили се приемат за линейни.

Кинематичните зависимости от преместванията и ъгловите завъртания са показани на фиг. 2. Железопътните возила имат равнина на симетрия  $Oxz$  които при съставяне на диференциалните уравнения са взети предвид. Диференциалните уравнения са съставени с теоремата за движението на масовия център и теоремата за изменение на кинетичния момент. На фиг.3 са показани равнодействащите на еластичните и демпфиращите сили, както и силите в цилиндричните връзки на първия вагон и първата автосцепка от метро-мотрисата.



$$F_1 = c_k \cdot (-z_{k1} - \varphi_{k1} \cdot L_k + z_{11}) + b_k \cdot (-\dot{z}_{k1} - \dot{\varphi}_{k1} \cdot L_k + \dot{z}_{11})$$

$$F_2 = c_k \cdot (-z_{k1} + \varphi_{k1} \cdot L_k + z_{12}) + b_k \cdot (-\dot{z}_{k1} + \dot{\varphi}_{k1} \cdot L_k + \dot{z}_{12})$$

$$F_{11} = c_t \cdot (-z_{11} - \varphi_{11} \cdot l_1 + \eta_1) + b_t \cdot (-\dot{z}_{11} - \dot{\varphi}_{11} \cdot l_1 + \dot{\eta}_1)$$

$$F_{12} = c_t \cdot (-z_{11} + \varphi_{11} \cdot l_1 + \eta_2) + b_t \cdot (-\dot{z}_{11} + \dot{\varphi}_{11} \cdot l_1 + \dot{\eta}_2)$$

$$F_{13} = c_t \cdot (-z_{12} - \varphi_{12} \cdot l_1 + \eta_3) + b_t \cdot (-\dot{z}_{12} - \dot{\varphi}_{12} \cdot l_1 + \dot{\eta}_3)$$

$$F_{14} = c_t \cdot (-z_{12} + \varphi_{12} \cdot l_1 + \eta_4) + b_t \cdot (-\dot{z}_{12} + \dot{\varphi}_{12} \cdot l_1 + \dot{\eta}_4)$$

След прилагане на метода на кинетостатиката, диференциалните уравнения на движение в комплексна форма са:

$$A \cdot \ddot{q} + B \cdot \dot{q} + C \cdot q = d \cdot U;$$

$q = [z_{k1}, \varphi_{k1}, \varphi_{k2}, \varphi_{k3}, \varphi_{k4}, \varphi_{A1}, \varphi_{A2}, \varphi_{A3}, z_{11}, \varphi_{11}, z_{12}, \varphi_{12}, \dots, z_{18}, \varphi_{18}]^T$  - вектор на обобщените координати;

$$S = [S_1, S_2, \dots, S_6]^T$$

$$x = [\ddot{q}, S]^T$$

A - матрица на масите;  
C, B - матрици съответно на еластичностите и съпротивленията;  
d - матрица на входните въздействия;

$$U = [\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_{16}, \dot{\eta}_1, \dot{\eta}_2, \dots, \dot{\eta}_{16}]^T$$

входните въздействия.

$$\eta_u = h \cdot \sin(p \cdot t - \psi_u), \quad u = (1, 2, \dots, 16)$$

където

$$p = \frac{2 \cdot \pi}{L} \cdot V - \text{принудена честота};$$

V - скоростта на движение на метро-моторисата;

$\psi_i$  - времето с което изостава u-тата колоос при атакуване на неравностите.

### 3. ЧИСЛЕНИ ПРЕСМЯТАНИЯ

Диференциалните уравнения на движение са интегрирани числено в период от време, необходим за пълното затихване на свободните трептения.

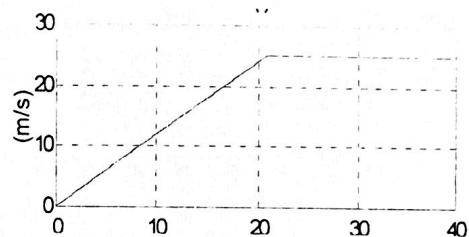
В работата за решаване на задачата е използван пакетът MATLAB.

Стойностите на масите, масовите инерционни моменти около напречните централни оси, еластичните и демпфиращи характеристики и геометрични размери, използвани при числените пресмятания са дадени в табл. 1.

табл. 1

Наименование на параметрите	Стойност
Маса на коша $m_k$ , kg	18900
Масов инерционен момент на коша $I_k$ , $kg \cdot m^2$	570000
Маса на талигата $m_t$ , kg	7550
Масов инерционен момент на талигата $I_t$ , $kg \cdot m^2$	5662
Маса на автосцепката $m_A$ , kg	80
Масов инерционен момент на автосцепката $I_A$ , $kg \cdot m^2$	50
Коефициент на еластичност на пакет	

пружини от централното окачване $c_k$ , N/m	2439592
Коефициент на еластичност на пакет пружини от буксовото окачване $c_t$ , N/m	3335400
Коефициент на демпфиране на централното окачване $b_k$ , N.s/m	121468
Коефициент на демпфиране на буксовото окачване $b_t$ , N.s/m	30000
Разстояние от центъра на тежест на коша до центъра на тежест на талигата $L_k$ , m	6.3
Разстояние от центъра на тежест на коша до цилиндричната връзка с автосцепката $L_v$ , m	8
База на талигата $2 \cdot l_t$ , m	2.1
Дължина на автосцепката $L_A$ , m	1.6



фиг. 4

Получени са следните собствени честоти:

$f_{k1z} = f_{k2z} = f_{k3z} = f_{k4z} = 1.97$  [Hz] - на кошо-вете по оста Oz (подскачане);

$f_{k1\varphi} = f_{k2\varphi} = f_{k3\varphi} = f_{k4\varphi} = 2.4$  [Hz] - на кошо-вете около оста Oy (галопиране);

$f_{t1z} = f_{t2z} = f_{t3z} = f_{t4z} = 4.7$  [Hz] - на талигите по оста Oz (подскачане);

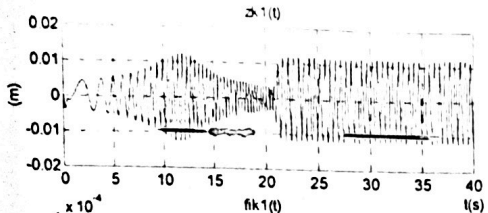
$f_{t1\varphi} = f_{t2\varphi} = f_{t3\varphi} = f_{t4\varphi} = 5.65$  [Hz] - на талигите около оста Oy (галопиране).

На фиг. 4 е показано графично, изменението на скоростта на метро-моторисата при потегляне от покой с равноускорително движение ( $a = 1.2 \text{ m/s}^2$ ) до достигане на максималната скорост (90km/h).

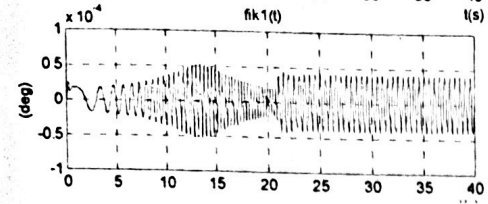
На фиг. 5, 6, 7, 8 са показани резултати от вертикалните и ъгловите трептения на четирите коша. По абсцисните оси е показано изменението на времето, а по ординатните оси изменението на съответните координати.

Вижда се, че амплитудите на кошовете на метро-моторисата са сравнително големи, което се дължи на твърдото окачване. Последното личи от високите собствени честоти.

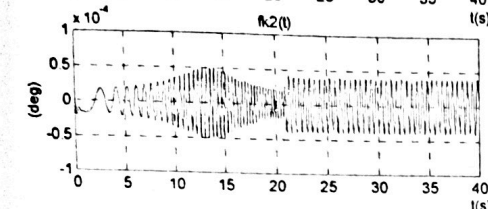
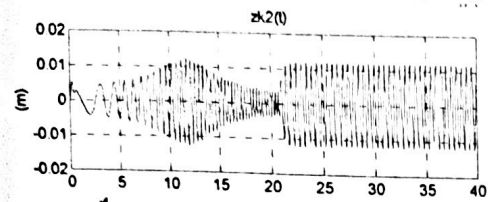
На фиг. 9, 10, 11 са дадени вертикалните усилия в двете автосцепки, а на фиг. 12 - трептенията на първата талига.



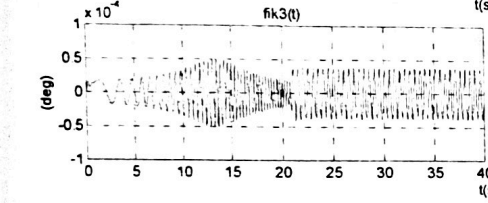
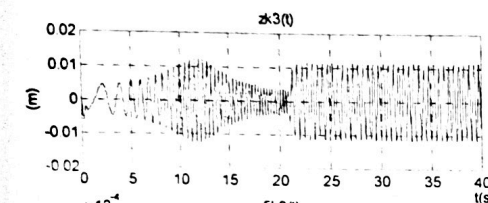
фиг.5



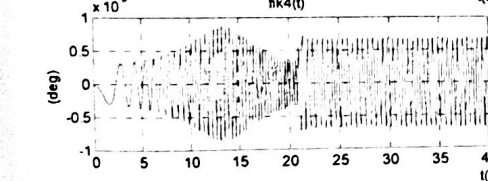
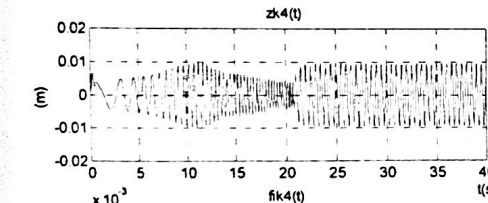
фиг.6



фиг.7



фиг.8



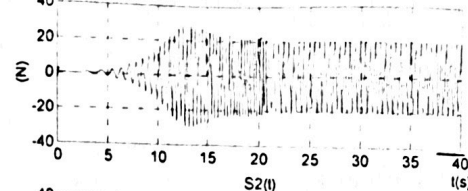
#### 4. ИЗВОДИ И ПРЕПОРЪКИ

От получените резултати и техният анализ могат да бъдат направени следните изводи:

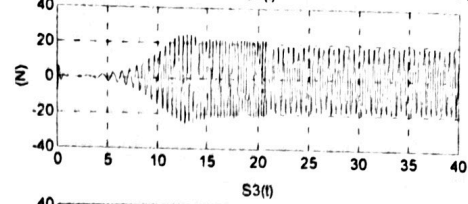
- За да се намалят амплитудите на трептенията на кошето на метро-мотрисата, е необходимо намаляване на собствените честоти, а това може да се осъществи с промяна на параметрите на окачването.
- Необходимо е да се извърши оптимизация на коефициентите на еластичност и демпфиране.

От направените изводи могат да се направят следните препоръки:

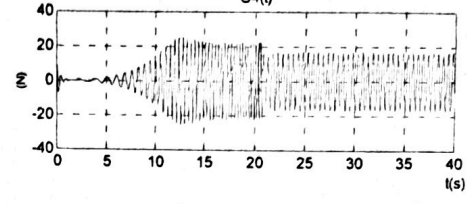
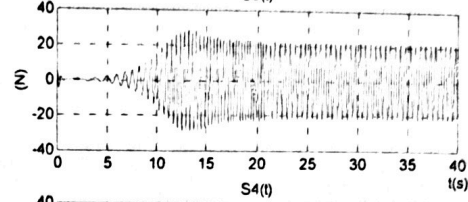
- При ремонт на метро-мотрисите да се подобри окачването на коша.
- Не са нужни допълнителни изследвания на трептенията на талигите.



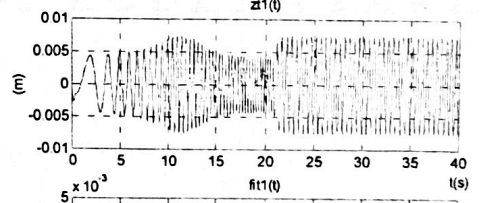
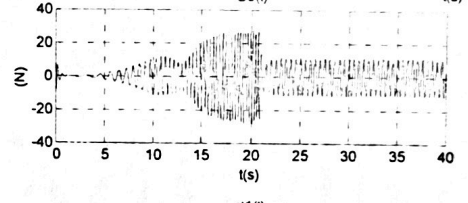
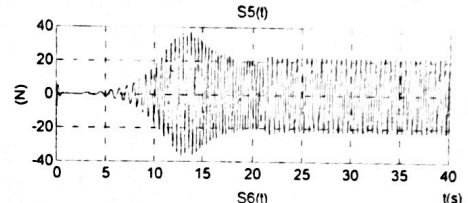
фиг.9



фиг.10



фиг.11



фиг.12

#### ЛИТЕРАТУРА

[1] ПОЛИХРОНОВ, Г., Ю., Генов, И., Кралов, Трептения на двойно-съчленено железопътно возило с двусосни талиги. Механика на машините, бр. 35, Варна, 2001.

[2] КРАЛОВ, И., Ю., Генов, Г., Полихронов, Влияние на джонтовите връзки на релсите върху вертикалните трептения на коша на съчленена трамвайна мотриса Т6М-700М, Механика на машините, бр. 43, Варна, 2002

[3] КРАЛОВ, И., В. Георгиев, С. Банов. Изследване вертикалните трептения на коша на метро-вагон 81-714.4, Механика на машините, бр. 47, Варна, 2003.

[4] КРАЛОВ, И., В. Георгиев, С. Банов. Оптимален динамичен синтез на параметрите на окачването на коша на метро-вагон 81-714.4, Механика на машините, бр. 47, Варна, 2003.