

## СПРАВКА

за приносите в науката и инженерната практика  
на д-р инж. Венелин Стоянов Живков

Научно-изследователската и приложна дейности са предимно в механиката на транспортни средства (пасивна и активна виброизолация, преходни, стационарни режими и оптимизация на механични системи, тягова динамика на хибридни кар с кинетични с Кинетични Акумулатори на Енергия и др.) и в динамичния анализ и синтез на електро-механични системи (енергетично оборудване, еластично окачени супермаховици, трептения и устойчивост на сингулярни системи, ограничено възбуждане на системи, ограничено възбуждане на системи с краен брой степени на свобода).

Конкретните обекти на изследването са хибридни леки и товарни коли и автобуси градски тип (работещи по характерните градски цикли на движение) и електрокари за вътрешно-заводски транспорт, със съответните им енергийни блокове, съдържащи маховици със значителен кинетичен момент. Част от получените резултати и обобщения имат значително по-широк обхват на приложение в роторната динамика, космическата и военната техника и др.

- Основните научни приноси се свеждат до:

-- трудове с №№ 2,3,8,11,30,35,36,38,40,42,96,113,145,157,161, и 162:

- Анализирано е влиянието на жирокопичните моменти на кинетичния акумулатор върху управляемостта и устойчивостта на транспортно средство, като са определени съотношенията между физико-геометричните параметри за минимизация на това влияние;
- Доказана е възможността за минимизиране на негативните влияния на жирокопичните моменти върху управляемостта на ТС в условията на завой, чрез увеличаване на демпфирането в окачването;
- Получени са количествени оценки за подобряване на устойчивостта на движението, благодарение на жирокопните ефекти при детерминирано плъзгане на някои от мостовете на ТС в съответствие с теоремата на Заяк - Магнус и са построени фазовите траектории на възможните стационарни режими на еластично окачения супермаховик.
- Анализирано е взаимодействието между източника на енергия и трептящата система и е определен минималният запас от мощност на двигателя на еластично окачения (външно и вътрешно) супермаховик, при който е възможен единствен стационарен режим, т.е. дадени са ограничителните условия за избор на двигател - генератор.
- Оптимизирани са параметрите на кар с КАЕ при "старт-стоп"-ни движения на товара.
- Определени са условията в пространството на реално съществуващите физико-геометрични, при които се реализира значително намаляване на стойностите на обобщените съпротивления  $L(\Omega)$  на еластично окачения супермаховик в линеен и нелинеен аспект, в тесен честотен диапазон, непосредствено след резонанса; това по същество представлява **нов ефект** и се дължи на прехвърляне на енергия от жирокопичните моменти на координатата  $q$ , което обуславя значителен положителен градиент  $\Omega$  на при преход през резонанс.

- Доказано е, че при относително високите стойности на масовите характеристики на КАЕ (кинетичен акумулатор на енергия) при линейни и нелинейни съпротивления, динамичната характеристика на двигателя практически не влияе на преходните и стационарни режими на движение в зоните далече от резонансите, независимо от вида на окачването (твърдо, еластично, външно и вътрешно).
- Създадени са нови методи за изработване на навити от предварително напрегнати нишки и/или ленти супермаховици с гарантирано неразслояване при работни скорости, т.е. във всички случаи са осигурени натискови радиални напрежения и за априорно динамично балансиране на съставни маховици в детерминиран и стохастически аспект.
- Проведен е качествен и количествен анализ на устойчивостта на трептенията в околностите на резонансните състояния на еластично окачен кинетичен акумулатор на енергия (супермаховик) с ограничена мощност на възбуждането при отчитане на динамичната характеристика на електродвигателя (наличие на малък параметър пред старшата производна) прилагайки асимптотичните методи на Боголюбов-Митрополски.
- Изследван е вида особените точки и фазовите траектории в околността на равновесните състояния. Доказано е, че само енергийните съотношения за определяне на устойчивостта на трептенията на системи съдържащи супермаховик са необходими, но не достатъчни, т.е. задължително е изследването на вида на особените точки. Налице са **нови ефекти**. Тези ефекти, дължащи се на времеконстантата на ел. двигателя има съществено значение върху устойчивостта в околността на резонансите, както и интегралните характеристики в преходните режими. Значимостта на това постижение е потвърдена в монографиите на известните учени – академиците В.С. Кононенко и К.В. Фролов – РАН.

-- Трудове с №№ 28, 29, 33 и 35:

- Създадени са патентно чисти кинетични акумулатори на енергия включващи супермаховик, системи за окачване и обезопасяване, автобалансиране, баласиране и задвижване, в това число адекватни динамични модели на еластично и неподвижно окачени КАЕ при пълно инерционно и силово възбуждане. Изведени са диференциалните уравнения за движение при пълни инерционни тензори по метода на Нютон-Ойлер във векторна форма. Изследвани са нестационарните и стационарните трептения прилагайки асимптотичните методи на Боголюбов - Митрополски. Проведена е векторна оптимизация в пространството на реално съществуващите физико-механични параметри както при инерционно, така и при външно силово възбуждане. В крайна форма е направен оптимален динамичен синтез на еластично окачен кинетичен акумулатор на енергия, с 12 степени на свобода.

-- Трудове с №№ 54, 55, 56 и 57:

- Получени са интегралните характеристики на машинен агрегат с електрозадвижване, сведен до двумасов динамичен модел, при преходен режим на движение без и с отчитане на линейните дисипативни сили в трансмисията и е направено изследване на същите

в пространството на физико-механичните параметри. Намерено е частно решение на диференциалните уравнения под действието на зададени сили, като същото е изразено във функция на интегралните характеристики. Даден е нов подход за анализ на изследваните системи. Резултатите могат да се използват без предварителна или допълнителна преработка за анализ и синтез на машинни агрегати е електрозадвижване.

-- Трудове с №№ 7 и 38:

- Изследвани са малките трептения на кинетичен акумулатор на енергия. Избрани са сполучливо подходящи обобщени координати, така че се избягва параметричността на коефициентите на диференциалните уравнения, което позволява получаването на аналитични изрази за решенията и амплитудите на стационарните трептения в опорите на супермаховика. Изследван е прехода през резонанс с различни скорости на кинетичния акумулатор на енергия, моделиран като еластично окачен супермаховик с шест степени на свобода, с помощта на асимптотичната теория на нестационарните трептения.

-- Трудове с №№ 48, 49, 50, 51 и 52:

- Посветени са на анализа на стационарните режими на машинни агрегати с големи периодични кинематични смущения (нелинейни предавателни функции които не са зад малък параметър), с отчитане на динамичната характеристика на двигателя, и при краен брой на степените на свобода. Търсените решения още в начално приближение се получават в полихармоничен вид, в което се състои и главното предимство на предлаганите методи. Дефинирани са критерии за априорна оценка на броя на хармониците в стационарните решения с цел минимизация на апроксимациите. В единия случай проблемът е сведен към екстремална задача на функция с голям брой променливи, а в другият към граница на функционални редове в полихармоничен вид.

Резултатите могат да се използват при анализа на стационарните режими в металургичното и прокатното оборудване и на машините автомати.

-- Трудове с №№ 28, 41 и 42:

- Доказано е, че кинетичният момент на супермаховика влияе стабилизиращо върху устойчивостта на транспортното средство при детерминирало плъзгане на задния или предния мостове, както и върху управляемостта му.
- Доказано е, че работата на дисипативните сили непосредствено след резонанса, при определено съотношение на физико-геометричните параметри на КАЕ, значително намалява до нула с много голям градиент. Разширява се зоната на неустойчивите стационарни трептения в областта на резонанса при отчитане на динамичната характеристика на двигателя. В качествения анализ на устойчивостта на трептенията на КАЕ се доказва промяната на вида на особените точки (възможните стационарни трептения) благодарение на електромагнитната инертност на двигателя.

-- Трудове с №№ 70, 71, 72 и 73:

- Анализирани са малки равнинни и пространствени трептения на двумасова система машина - фундамент под действието на основния хармоник на възбуждащите сили и моменти. За обобщени координати са използвани някои от деформациите на еластичните елементи, което значително опростява нелинейните диференциални уравнения за движение, получени с помощта на уравненията на Ферерс. Определени са условията за възникване на резонанс, които могат да се използват за определяне на физико-механичните параметри: маси, масови инерционни моменти, коравини на еластичните елементи и т.н.
- Изследвани са насочените трептения на двумасова система и равнинните трептения на едномасова система с ограничено възбуждане. Уравненията са сведени до така наречените главни трептения, т.е. направено е разложение по собствени форми. Алгебричната система уравнения, характеризираща стационарните режими е решена по метода на Нютон. Освен основните хармоници, уточнените решения съдържат и такива с честоти 4 и 2.
- Резултатите са приложими при проектирането на вибротранспорттори и вибропресеватели.

-- Трудове с №№ 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119 и 120:

- Формулирана е хипотеза за детерминиране на режимите на движение на всяко едно от еластичните колела на ТС, в това число ъглови скорости, плъзгане и боксуване при известни интегрални характеристики на еластичните увличания.
- Въведено е понятието минимална скорост на ТС при рекуперативно спиране за разлика от минималната скорост за рекуперация на енергия.
- Разработен е механо-математичен модел на хибриден силов агрегат (ХСА) и е изведено обобщено уравнение, описващо динамиката на задвижване на ТС, от което като частни случаи са получени всички възможни режими на работа, определени от условията на движение, желанието на водача и енергийната запасеност на акумулатора.

-- Трудове с №№ 28 и 42 (нова хипотеза):

- При определено съчетание на физико-геометричните параметри на кинетичния акумулатор на енергия (КАЕ) се получава прехвърляне на енергия от жирокопичните моменти на центробежните и главния масов инерционен момент на супермаховика в зоната на резонанса върху координатата неуравновесена от еластични и дисипативни сили.

-- Трудове с №№ 131, 151 и 152:

- Демонстрирана е ефективността на метода на граничните функции при анализ на сингулярно смутени електромеханични системи - резонансен манипулатор и центробежен възбудител, като е построено асимптотичното решение чрез псевдообратни матрици и ортопроектори. То е във вид на сума от регулярен и сингулярен ред по степените на малкия параметър.
- Построено е асимптотично решение на движението на еластично окачен маховик с шест степени на свобода и е доказано теоретически самоцентрирането му в честотни зони далеч от резонансите, т.е той се върти при тези условия около главната си инерционна ос.

-- Трудове с №№ 135, 140 и 141:

- Задачата за собствен вектори и собствени стойности на линейна система с краен брой степени на свобода при еднакви маси и еластичности е сведена до полиноми на Чебишев от I и II род.
- Обосновани са граничните оценки за възможните премествания (деформации) на реперните точки на линейна еластична система с  $n$ -степенни на свобода при Кулоново трептене (неопределеност от триене).

-- Трудове с №№ 40, 133 и 134:

- Създадени са подробни пространствени динамични модели на автомобили с едно и две управляеми колела и инерционна система за акумулиране на енергия при движение в крива, отчитащи нелинейности от системата за управление, геометрията на окачването и сили от взаимодействието между автомобилната гума и пътната настилка.

-- Трудове с №№ 138, 146, 147, 148, 149 и 150:

- Дефинирани са законите за изменение на предавателното отношение на вариатора в системата за задвижване на хибриден електромобил с кинетичен акумулатор на енергия, при различни резонансни режими на движение.
- За реализация на постоянна скорост или постоянен момент на изхпда на вариатора в режимите на зареждане и отдаване на енергия, при наличие на обратна връзка по скорост, са изведени законите на изменение на предавателното отношение на вариатора (CVT) при движение на транспортното средство по цикъл (ускоряване, постоянна скорост и регенеративно спиране).

-- Трудове с №№ 136, 137 и 139:

- Формулиран е коефициент на възвръщаемост (рекуперация) на енергията в процеса на спиране на хибридно транспортно средство при известните типични цикли на движение (европейски NEUDC и американски FUDC).
- Резултати от численото моделиране сравнени с известни прототипи от водещи производители, показват възможност за увеличаване на пробега с (14-25%) при запазване на енергийния капацитет на основния източник на енергия - акумулаторна батерия.
- Използвайки типичните цикли на градското движение са детерминирани минималните енергийни нива на източниците на енергия (първичен - акумулаторна батерия и вторичен - кинетичен акумулатор), като е предложена стратегия за редуциране на мощностния поток за увеличаване на възможния пробег при запазване на първоначалната енергозапасеност.

-- Трудове с №№ 159 и 160:

- Анализирани са методите за структурна оптимизация в комбинация с методът на крайните елементи (МКЕ) и е изграден обобщен алгоритъм за оптимално изразходване на материала за получаване на хомогенно натоварена структура с максимална якост и устойчивост при минимална маса.

- Обобщени са анализните подходи чрез МКЕ за механични структури (конструкции) предразположени към загуба на устойчивост с цел повишаване тяхната стабилност посредством компютърно подпомогната структурна оптимизация, т.е. със средствата на виртуалното инженерство.
- Принудените линейни трептения под действието на периодична сила са третираны с помощта на метода на суперпозицията, а диференциалните уравнения, описващи нелинейните трептения, са интегрирани числено по метода на Ойлер.
- Проведена е оптимална виброизолация на мотокарни двигатели ДЗ 152 и ДЗ.177 като са подбрани точките на окачване на силовия агрегат и характеристиките на еластодисипативните елементи. Проведените експериментални изследвания в "Балканкарпрогрес" потвърдиха теоретичните изследвания.
- Резултатите са внедрени в родното мотокаростроене.

- Основните приноси за внедряване се свеждат до:

-- Трудове с №№ 64, 65, 66 и 67:

- В резултат на изследване на шестмасов динамичен модел са установени динамичните напрежения във валовата линия на мотокар с механична трансмисия модел 27-05 и са анализирани условията за възникване на резонансни режими от усукващи трептения в работния оборотен диапазон на двигателя, които предизвикват преждевременно излизане от строя на компенсационния еластичен елемент.
- Свободните трептения на силов агрегат за мотокар "Рекорд 1" (съдържащ двигател с вътрешно горене ДЗ.152 и прикрепени към него хидростатична помпа или генератор) са изследвани без съпротивления и при наличие на съпротивления ст течено триене или хистерезис)

-- Трудове с №№ 8 и 69:

- Анализирани са насочените трептения в системата машина-фундамент в стационарен режим при линейна постановка под действието на основния хармоник на възбуждащата сила. Предложена е методика за оптимален динамичен синтез на изследваната система.
- Част от резултатите са използвани при усъвършенстването на окачването на двигателя КН 12 на НПЛ по ДВГ - Варна.

-- Труд с № 6

- Създаден е диференциален амортизатор, предназначен за намаляване на вибрациите на транспортни средства, летателни апарати, кораби, установки с вибрационно действие, мотокари, пътно-строителни машини и др., който дава възможност за диференцирано и независимо настройване на еластичните елементи в две противоположни посоки. Другото му предимство е, че той запазва действието си дори при излизане от строя на кои да са два от еластичните елементи.
- Внедрен е в мотокарното производство.

-- Труд с № 156

- Определени са екстремалните стойности на силите в кинематичните двоици в пространствен механизъм за разединител с вертикално отваряне на главния нож - 400 [KV], нужни за оразмеряване на

звено и конструктивно оформяне на лагерните възли – внедрен в АВВ – Севлиево.

-- Трудове с №№ 58, 59 и 84:

- Разработени и внедрени са окачване на двигателя и регулируема и виброизолирана кормилна колона за мотокар "Рекорд 1" в ЦНИИТМ - Балканкарпрогрес София и завод "К. Луканов" - Плевен.
- Разработени и са внедрени в мотокарното производство на окачвания на двигател Д.3.177 - ЦНИИТМ - София.
- Внедрени разработки по комплексни договори с "Кремиковци" София.
- Проектирани, изработени и внедрени устройства /манипулатори/ за транспортиране на тежки автомобилни гуми в СХК - Видин - договор 1279/78г.

*Забележка. Документите за внедряване се намират в раздел 1.10 от част I (1 от 3)*

-- Трудове с №№ 2 и 83:

- Създадени са пружинно-ролково и пружинно-лостово устройства за стръскване електродите на електрофилтри за улавяне на технологичен прах. Осигурено е при работа да се регулира скоростта и енергията на удара.
- Устройствата са предложени за внедряване в Института по пречиствателна техника - София.

-- Внедрени са нови виброудърни механизми за електрически инструменти в "Спарки" - Ловеч, виброизолация на кабината на фамилия мотокари в Тайван на английска фирма "NEXEN MOTOR CORPORATION" и манипулатор за стерилизиране на болнични отпадъци в италианската фирма CMS-Slr. Документите за внедряване се намират в раздел 1.10 от част I (1÷3).

-- Внедряване в учебния процес – учебници – виж раздел 3.3 от част I (1 от 3)

- Създадени са литературни източници за подготовка на студенти и аспиранти (чрез лекции, упражнения лабораторни и семинарни, курсово и дипломно проектиране) по "Теория на Механизмите и Машините" и "Динамика и Трептения на ДВГ", Машинознание, Vibrations and Dynamics и др.
- Издадени са технически източници, използвани от инженерни специалисти при подготовка на конкурсни изпити за аспиранти и научни сътрудници в областта на "Динамика на Машините".

2012.06.12 София

**NOT FOR  
PUBLIC RELEASE**



## Справка

За приносите в науката и инженерната практика

/ 2012 - 2015 /

- Основните научни приноси се свеждат до:

-- Трудове с №№ 168, 171, 177 и 178;

--- Аналитично е доказана възможността за допълнително увеличаване на рекупериранията енергия при хибридно задвижване на електромобили чрез увеличаване на броя на роторите в кинетичния акумулатор

--- Предложена е методика за пресмятане на обобщен коефициент на рекуперация при спиране в зависимост от скоростта и наклонът на пътя за транспортно средство с хибридно задвижване включващо кинетичен акумулатор на енергия /КАЕ/.

--- Създаден е алгоритъм и методика за черпене на енергия от електрическия и кинетичния акумулатори на енергия с оглед реализиране на по-голям пробег на електромобила.

--- С използването на КАЕ е доказано увеличение на действителния пробег на електромобил с хибридно задвижване с около 21 %, като за база са ползвани експериментални резултати от класически такива на водещи фирми производители.

--- Моделирана е много роторна система за КАЕ и е проведена оптимизация с целева функция ефективност при стандартни цикли за движение / Американски, Европейски и Японски / в условията на милионен град.

-- Трудове с №№ 169, 170, 173 и 176;

--- Разработени са числени методи и алгоритми за моделиране, извеждане на уравненията и решаването им въз основата на уравненията на Нютон – Ойлер на роторни системи ( Multi Body Systems ) от типа на ветро генератори, двойно еластично окачени големи ротори и др., като е проведена апробация с аналитични решения получени чрез асимптотичните методи на Боголюбов-Митрополски; изследвани са неустойчивите честотни зони в околностите на резонансите:

--- Проведена е качествена и количествена оценка за влиянието на жгирскопичния момент на Кинетичния Акумулатор / ротор / върху



устойчивостта на движението на транспортното средство.  
характеристики

--Трудове с №№ 172, 174 и 175;

---Демонстрирани са някои нови спектрални свойства при четворно симетричните реални функции, както и спектралната четна и нечетна декомпозиция.

---Доказана е теорема за честотната неразличимост на Фуриеровите спектри на огледално симетричните реални функции в първи и втори, респективно трети – четвърти квадранти.

2015.02.25. София



## СПРАВКА

за приносите в науката и инженерната практика

**/ 2015 – 2017 /**

- Основните научни приноси се свеждат до:

-- Трудове с №№ 182, 190 , 192 , 193 и 195.

--- Аналитично е дефинирана и доказана локалната ефективност на компонентите / енергийни преобразуватели и акумулатори в това число и кинетични такива/ участващи в хибридни електро задвижвания на транспортни средства. Определени са реално съществуващите възможни зони за използване на Кинетични Акумулатори на Енергия, като междинен буфер и е оценено влиянието на главното предаване върху ефективността на цялата система за задвижване и обвързването му с типа на движение в условията на големия град.

--- Създадена е автоматизирана управляваща програма за последователността на включванията и преразпределение на енергийните потоци с оглед на минимизация на натоварването на електрическата батерия и увеличен пробег на транспортното средство.

--- Прилагайки стандартните скоростни цикли /европейски, американски и японски / по предложената методика е проведена теоретична верификация на експерименталните резултати на водещи автомобилни производители.

--- На базата на стандартен електрически мотор-генератор е създадена U P S – система съдържаща Кинетичен Акумулатор на Енергия, изпълнен в метал. Анализирани са

енергийните потоци и е съставен мехатронен алгоритъм за еднородност на силовия режим.

--Трудове с №№ 187 и 189

--- Предложена е геометрична интерпретация на нехолономната задача на търкалящо се еластично колело в условията на завой с определяне на скоростите в приплъзване и боксуване; аналитично и числено са определени еластичните унасяния на гумите на пространствено движещо се транспортно средство, като са проведени съпоставки на двата подхода.

--Трудове с №№ 183, 184, 186 и 196.

--- Определени са неустойчивите честотни зони на широк клас ротационни системи / еластично окачени високо скоростни ротори, ветро-генератори и турбогенератори / в преходни режими с ограничено инерционно и външно такова при земетръс възбуждане, като е направено сравнение на резултатите получени аналитично чрез асимптотичните методи и с оригинални числени методи и алгоритми.

--- анализирано е влиянието на малкия параметър пред старшата производна / динамичната характеристика на двигателя / върху големината на неустойчивата област в зоните на основните резонанси при квази стационарни преходи.

-- построени са фазовите траектории на смутеното движение в пресечните точки на двигателните и дисипативните сили в областите близки до основните резонанси с оглед на анализ на устойчивостта на трептенията.

--Трудове с №№ 185 и 191.

---усъвършенствана е спектралната декомпозиция за четворно симетричните реални функции, като са доказани шест теореми и е предложен конкретен алгоритъм.

--Трудове с №№ 197 и 200

--- аналитично е изследвано влиянието на скоростта на въртене на конзолни греди с постоянно и променливо напречно сечение /типични за съвременни конструкции като ветро - генератори, турбини, пропелери за хеликоптери и др. / върху честотите и формите на напречните трептения използвайки диференциалния трансформационен метод / ДТМ/. За сравнение на получените теоретични резултати са използвани съвременни числени методи и процедури.

-- Труд с № 198

--- въз основа на обработена и анализирана цифрова информация за инфра-червеното излъчване ( U L R ), регистрирано от система спътници в околоземна орбита по така наречения „ огнен кръг „ са изследвани числените данни на десет разрушителни земни труса с магнитуда  $M > 6$  , в интервала март 1999 до април 2016 е дефинирана хипотеза и предложена методика за дълго временна прогноза за евентуални бъдещи такива.

-- Труд с № 199

--- За решаване на нелинейното диференциално/ни уравнение/я, описващи движението на машинни агрегати с една и краен брой степени на свобода при сили зависещи от скоростта и положението е предложен алгоритъм за линеаризация и получаване на

## **С п р а в к а**

за приносите в науката и инженерната практика

( 2017 - 2021 )

### **Трудове с №№ 204,205,206 и 210**

Теоретично са анализирани и са предложени иновативни конструкции на трансмисии с безстепенно изменение на предавателното отношение / вход-изход и обратно/ в твърде голям диапазон на регулиране. Подобни механични устройства са предназначени за хибридни задвижвания на транспортни средства, работещи в условията на големия град с множество старт/стопни режима, съдържащи кинетични акумулатори на енергия – К А Е. По същество те обединяват класически вариатор и много – дисков фрикционен съединител работещ в маслена баня с управляем по определен алгоритъм натиск между дисковете. Разглежданата трансмисия работи само в преходните режими при спиране и ускоряване на транспортното средство, т.е. при зареждане с енергия и отдаване на такава към и от кинетичния акумулатор. Въз основа на диференциалното уравнение за движение на машина с променлива маса са изведени трансфера на енергийните потоци, респективно скорости.

### **Труд с № 203 ( студия )**

Създаден е лабораторен образец на цялостна система за задвижване на хибридни транспортни средства, съдържащи основен и допълнителен / К А Е / източник на енергия, като свързващото звено между тях е управляема и обратима хидростатична трансмисия. Системата е напълно автоматизирана и е в състояние да моделира движението по определен цикъл на транспортното средство. Теоретично е описана хидро-механичната система с определен брой диференциални уравнения, пресметнати са интегралните характеристики на преходните режими за целия цикъл на движение. За валидация на получените резултати са проведени експериментални изследвания върху специално създаден лабораторен модел. Получените резултати

по двата метода са съпоставени и е доказана тяхната адекватност.

### **Труд с № 207**

Предложена е методика и алгоритъм за решаване на диференциалното уравнение за движение на машина при сили зависещи от скоростта и положението, с много добра сходимост, което е илюстрирано върху конкретен числен пример. при сили .

### **Труд с № 209**

На базата на редовете на Тейлор-Мак Лорен предложен числен метод за решаване на проблема собствени стойности и собствени вектори на конзолна гредка с променливо напречно сечение намираща се в центробежно инерционно поле. Същността на метода се състои в замяната на частното диференциално уравнение с хомогенна система алгебрични уравнения, от която се определят собствените честоти и форми на напречни трептения на гредката. За илюстрация е решен числен пример и е направена валидация с известни методи.

### **Трудове с №№ 211, 212 и 213**

Гореспоменатите трудове представляват патентни решения на конкретни инженерни съоръжения - Хидравличен асансьор съдържащ кинетичен акумулатор на енергия; метод за създаване на супер маховици от нишки или ленти с априорно програмирано напрегнато състояние за не-разслояване при работни скорости; както и комбинирано окачване на маховика в стационарни кинетични акумулаторни станции / системи за не-прекъсваемо подаване на електрическа енергия, поддържащи ел. станции по протежение на ж. п. трасета и пр. / .

София 2021.06.05

