

ЗАХИРИДДИН
МУҲАММАД БОБУР
НОМИДАГИ АНДИЖОН
ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ

ANDIJAN STATE
UNIVERSITY NAMED
AFTER ZAKHIRIDDIN
MUKHAMMAD BABUR

ИЛМИЙ ХАБАРНОМА
Физика-математика
тадқиқотлари

SCIENTIFIC BULLETIN
Physical and
Mathematical Research

2023/№2(5)

ОГЛАВЛЕНИЕ

Физика

E.Z. IMAMOV, R.A. MUMINOV, M.A. ASKAROV, A.E. IMAMOV, X.N. KARIMOV. Properties of lead chalcogenide nanocrystals in nanoheterojunctions <Si:PbX>.....	5
A.P. ТУРАЕВ, К.Т.НОРМУРАТОВ, И.М.СОЛИЕВ Влияние всесторонних гидростатических давлений на свойства Si<Ni>.....	10
Ш.Х. ЙУЛЧИЕВ, Б.ГУЛОМОВ, Н. ЮНУСАЛИЕВ Алюминий атомлари киритилган ZnO пленкаларининг оптик ва электрофизик хоссалари.....	15
H.J. MANSUROV. X.A. MAXMUDOV, M. PACULOBA ZnO пленкасининг оптик хоссалари.....	19
O.O. OLIMOV, I.I. ANARBOYEV Granulalangan Si asosida olingan poli-Si ning mikrotuzilmasi va elektrofizik xossalari.....	22
A.A. АБДУМАЛИКОВ О РАСПАДЕ ^{166}Tu	26

Техника

P.A. МУМИНОВ, М.Н. ТУРСУНОВ, Х. САБИРОВ, Т.З. АХТАМОВ Передвижная фотоэлектрическая установка для использования жителями сельских домохозяйств.....	34
S.Z.ZAINABIDINOV, A.Y. BOBOEV, B.M. ERGASHEV Growth of $(\text{Ge}_2)_{1-x-y}(\text{GaAs})_x(\text{ZnSe})_y$ Epitaxial Films on Si Substrates by Liquid-Phase Epitaxy.....	41
A.A. MIRZAALIMOV Uch tomonlama yoritilgan quyosh elementlari fotoelektrik parametrlariga haroratning ta'siri.....	46

Математика

SH.G. KASIMOV, L.A. RUZMETOVA, N.M. KOMILOV Miller–rossa ma'nosidagi kasr tartibli hosila va poligarmonik operator qatnashgan ayrim xususiy hosilali differensial tenglama uchun silindrik sohadagi boshlang'ich–chegaraviy masala.....	53
B.T. IBROXIMOV, S.O.G'ULOMOV Yarim tekislikda tutish masalasi.....	59
M.Y.ХОДЖАБЕКОВ, З.С.ЮЛДОШОВА Тебранишлардан ҳимояланувчи стерженни математик моделлаштириш	62
M.K. МАХКАМОВ, С.С. АХМАДЖОНОВ Применение метода характеристик для решения задачи об элементарном участке газопровода при истечении газа из его конца в окружающую среду.....	66

Информатика

МИРЗАЕВА М.М., МАХКАМОВ М.К., ТАЖИБАЕВ Ғ.О., МАМАЖАНОВ А.О. Боғдорчилик ва деҳқончилик маълумотларини рақамлаштириш масаласини ҳал этиш технологияси.....	74
---	----

УДК: 531:621-752:681

Тебранишлардан ҳимояланувчи стерженни математик моделлаштириш

М.У.Ходжабеков, З.С.Юлдошова

Самарқанд давлат архитектура-қурилиш университети, Самарқанд шаҳри 29-даҳа

2023 йил. 30 октябрда берилган; 2023 йил. 3 декабрда чоп этиш учун қабул қилинган

Аннотация. Ушбу ишда чизикли эластик стеженнинг ҳаракатланувчи гистерезис типдаги элсатик диссипатив характеристикали қаттиқ жисмли динамик сўндиргич билан биргаликдаги кўндаланг тебранишларини математик моделлаштириш масаласи қаралган. Бунда динамик сўндиргич материалнинг гистерезис типдаги элсатик диссипатив характеристикалари Писаренко-Богинич гипотезаси асосида олинган.

Калит сўзлар: стержен, динамик сўндиргич, гистерезис, тебранишлар, ҳаракат дифференциал тенгламалар системаси.

Аннотация. В данной работе рассматривается задача математического моделирования поперечных колебаний стержня с упруго-диссипативной характеристикой гистерезисного типа, совмещенной с движущимся твердотельным динамическим гасителем с линейно-упругой характеристикой. При этом на основе гипотезы Писаренко-Богинича были получены упруго-диссипативные характеристики материала стержнегистерезисного типа.

Annotation. In this work, the problem of mathematical modeling of transverse vibrations of a hysteresis-type elstatic dissipative characteristic beam combined with a moving linear elastic characteristic solid-body dynamic vibration absorber is considered. In this case, hysteresis-type elstatic dissipative characteristics of the beam material were obtained based on the Pisarenko-Boginich hypothesis. Ключевые слова:

Key words: beam, dynamic damper, hysteresis, vibrations, system of differential equations of motion.

Кириш. Ҳозирда механик системалардаги зарарли тебранишларни сўндириш ва уларнинг узок муддат мукамал ишлашига тўсқинлик қилаётган омилларни аниқлаш ҳамда уларни бартараф этиш масалалари ечилишни талаб этадиган муҳим вазифалардан ҳисобланади. Шу жиҳатдан тебранишлардан ҳимояланувчи эластик стерженнинг ҳаракатини чизиклимас деформацияланишни эътиборга олган ҳолда математик моделлаштириш долзарб муаммолардан ҳисобланади.

Стерженларнинг чизиклимас тебранишлари, уларнинг динамикаси ва тебранишларини сўндириш масалаларига бағишланган бир қанча ишлар мавжуд. Улардан:

[1] – ишда ўзгарувчан кўндаланг кесимли стерженнинг ҳар хил чегаравий шартларда частота тенгламаси аниқланган ва уни ечиш усуллари келтирилган. Кўндаланг кесим юзасининг ўзгариши синусоиданинг даражаси кўринишда олинган. Алмаштиришлар ёрдамида ҳаракат дифференциал тенгламаси Лежандр тенгламасига ўтказилган. Бу мазкур система ечимини даражали қаторлар

кўринишда излаш ва уни аниқлаш имконини берган. Бундан ташқари кўндаланг кесим юзанинг ўзгаришининг тебранма ҳаракатига таъсири сонли ҳисоблашлар ёрдамида ўрганилган.

[2] – ишда стерженнинг даврий куч таъсиридаги мажбурий тебранишлари ўрганилган. Кўндаланг тебраниш тенгламалари Гамильтон-Остроградский принципи бўйича олинган. Хусусий тебраниш формалари бир неча хил кўринишда таклиф этилган ва резонанс частотаси аниқланган. Ҳисоблашнинг сонли натижалари жадвал ва график кўринишларда берилган.

[3] – ишда устига юпка текс тақсимланган масса қўйилган стерженнинг тебранишлари қаралиб, ҳаракат тенгламалари олинган. Бунда элементар бўлакча олиниб, унга таъсир қилаётган юк тақсимланган куч сифатида қаралган. Ананавий усул билан мазкур усулда стержен тебранишларни сўндириш таққосланиб, тақсимланган массани ўзгартириш орқали тебранишларни бошқариш бу усулнинг афзаллиги сифатида кўрсатилиб, амалиётда стержен узунлигини чекланганлиги

бу усулнинг камчилиги сифатида келтирилган.

[4] – ишда стерженнинг кўндаланг тебранишлари матрица кўринишда ифодаланган ва улар Коши кетма-кетлиги усулида ечилган. Хусусий частоталари турли чегаравий шартлар ва кўндаланг кесими ўзгармас ҳамда ўзгаувчи бўлган ҳоллар учун аниқланган. Сонли усулларнинг мавжуд оддий дастурий воситаларга деярли тўғридан тўғри мос келиши матрица кўринишдаги тенгламаларнинг Коши кетма-кетлиги усулида олинган ечимларидан стерженнинг характери бу дастурлар асосида таҳлил қилиш имконини берган. Олинган аналитик ва сонли ечимлар таққосланган.

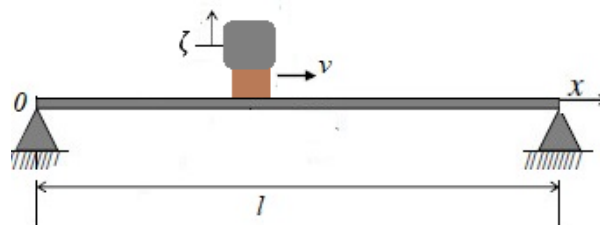
[5] – ишда Винклер типидagi эластик асосда ётувчи стерженнинг кўндаланг тебранишлари аналитик жиҳатдан таҳлил қилинган. Хусусий частота ва хусусий тебраниш формалари аналитик ифодалари система параметрлари асосида аниқланган. Хусусий частота фаза ва фазадан ташқарида тебранишларни характерловчи чексиз иккита тўпламлардан ташкил топганлиги кўрсатилган. Бу ҳоллардаги частоталарга мос келадиган стержен хусусий тебраниш формалари мос равишда синхрон ва синхрон бўлмаган формалар бўлган.

Суюқлик ва қаттиқ жисмдан иборат система ҳамда тақсимланган параметрли системалар алоҳида-алоҳида математик моделлаштирилган, динамикаси ўрганилган ва натижалар таҳлил қилинган [6,7].

[8-14] ишларда гистерезис типидagi эластик диссипатив характеристикали тебранишлардан химояланувчи системалар кўндаланг тебранишлари математик моделлаштирилган, динамикаси ўрганилиб, устуворлиги текширилган.

Ўтказилган таҳлил натижалари стерженнинг ҳаракатланувчи гистерезис типидagi эластик диссипатив характеристикали динамик сўндиргич билан биргаликдаги кўндаланг тебранишларини система параметрларига боғлиқ ҳолда ўрганиш бўйича кенг кўламли тадқиқот ўтказиш зарурати мавжудлигини кўрсатди.

Метериал ва методлар. 1-расмда келтирилган физик моделнинг схемаси учун эркин жисм диаграммасидан фойдаланамиз.



1-расм. Стержен ва ҳаракатланувчи динамик сўндиргичли система схемаси

Натижада, стерженнинг ҳаракатланувчи гистерезис типидagi эластик диссипатив характеристикали динамик сўндиргич билан биргаликдаги кўндаланг тебранишларини дифференциал тенгламалар системаси қуйидагича бўлади:

$$\frac{\partial^2 M}{\partial x^2} - c(1 + (-\theta_1 + j\theta_2)(D_0 + f(\xi_{ot}))\xi)\delta(x - x_0)H\left(\frac{l}{v} - t\right) = -\rho A \frac{\partial^2 w_a}{\partial t^2};$$

$$m \frac{\partial^2 w(x_0)}{\partial t^2} + m \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} + c(1 + (-\theta_1 + j\theta_2)(D_0 + f(\xi_{ot}))\xi) = -m \frac{\partial^2 w_0}{\partial t^2}. \quad (1)$$

бу ерда M – эгувчи момент; ρ , A – лар мос равишда стержен материалнинг зичлиги ва кўндаланг кесими юзи; $w(x_0)$ – динамик сўндиргич ўрнатилган стержен нуқтасининг кўчиши; $x_0 = vt$ – динамик сўндиргич жойлашган нуқта; v – динамик сўндиргич тезлиги; t – вақт; $\delta(x)$ – Диракнинг дельта функцияси; $H(\frac{l}{v})$ – Хевисайд функцияси; l – стержен узунлиги; c , m – лар мос равишда динамик сўндиргичнинг бикрлиги ва массаси; ξ – динамик сўндиргичнинг нисбий деформацияси; θ_1 , θ_2 – динамик сўндиргич материалнинг диссипатив хоссаларига боғлиқ бўлган коэффициентлар бўлиб, гистерезис сиртмоғидан аниқланади; $j^2 = -1$; $f(\xi_{ot})$ – тебранишлар декременти бўлиб, ξ_{ot} нисбий деформация абсолют қийматининг функцияси ҳисобланади,

$$f(\xi_{ot}) = D_1 \xi_{ot} + D_2 \xi_{ot}^2 \dots + D_s \xi_{ot}^s, \quad (2)$$

$D_0, D_1, \dots, D_s$ – гистерезис тугунининг тажрибадан аниқланадиган параметрлари бўлиб, динамик сўндиргич материалнинг демпферловчи хоссаларига боғлиқ [15]; w_a – стерженнинг абсолют кўчиши

$$w_a = w_0 + w, \quad (3)$$

бунда w_0 – асоснинг кўчиши; w – стержен эгилиши.

Стержен материалдаги кучланиш ва нисбий деформация орасидаги муносабатдан фойдаланамиз.

$$\sigma = E \xi_{ot}, \quad (4)$$

бунда E – эластиклик модули; ζ_{ot} нисбий деформация абсолют қиймати.

ζ_{ot} нисбий деформация қуйидагича ҳисобланади:

$$\zeta_{ot} = \frac{\partial^2 w(x, t)}{\partial x^2} z, \quad (5)$$

Эгувчи момент ифодасини қуйидагича ёзилади:

$$M = \int_A \sigma z dA. \quad (6)$$

Келтирилган (3) ифодани (6) эгувчи момент ифодасига қўямиз ва уни ҳисоблаймиз.

$$M = EI \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}, \quad (7)$$

бунда $I = \frac{bh^3}{12}$; $b = \text{const}$ ва $h = \text{const}$ - стержен эни ва баландлиги.

(3) ва (7) ифодаларни (1) дифференциал тенгламалар системасига қўйсак, эга бўламиз

$$EI \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} - c(1 + (-\theta_1 + j\theta_2)(D_0 + f(\zeta_{ot}))\zeta \delta(x - vt)H(\frac{l}{v} - t) + \rho A \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = -\rho A \frac{\partial^2 w_0}{\partial t^2};$$

$$m \frac{\partial^2 w(x_0)}{\partial t^2} + m \frac{\partial^2 \zeta}{\partial t^2} + c(1 + (-\theta_1 + j\theta_2)(D_0 + f(\zeta_{ot}))\zeta = -m \frac{\partial^2 w_0}{\partial t^2}. \quad (8)$$

(8) дифференциал тенгламалар системасининг ечимини қуйидагича излаймиз:

$$w(x, t) = \sum_{i=1}^{\infty} u_i(x) q_i(t), \quad (9)$$

бунда $q_i(t)$ – вақтнинг функцияси; $u_i(x)$ функциялар ортогонал ҳисобланади, яъни

$$\int_0^l u_i(x) u_m(x) dx = 0, \quad i \neq m. \quad (10)$$

$u_i(x)$ функциялар қуйидаги дифференциал тенгламани қаноатлантиради:

$$\frac{d^4 u_i(x)}{dx^4} - \frac{\rho F}{EI} p_i^2 u_i(x) = 0, \quad (11)$$

бунда p_i - стерженнинг хусусий частотаси.

(9) ечимни (5) ифодага қўямиз.

$$\zeta_{ot} = \left| \frac{\partial^2 u_m(x)}{\partial x^2} \right| q_m(t) z, \quad (12)$$

Эластик стержен ва гистерезис типдаги эластик диссипатив характеристикали динамик сўндигичнинг биргаликдаги кўндаланг тебранишларини математик моделлаштирамиз.

Натижалар ва уларнинг муҳокамаси. Дастлаб, (9) ечимни ва (12) ифодани (8) дифференциал тенгламалар системасига қўямиз. (11) дифференциал тенгламани ҳисобга олиб, қуйидагига эга бўламиз:

$$\sum_{i=1}^{\infty} [\ddot{q}_i + p_i^2 q_i] u_i - \frac{c}{\rho A} (1 + (-\theta_1 + j\theta_2)(D_0 + f(\zeta_{ot}))\zeta \delta(x - x_0)H(\frac{l}{v} - t) = -\frac{\partial^2 w_0}{\partial t^2}; \quad (13)$$

$$\sum_{i=1}^{\infty} u_{i0} \ddot{q}_i + \ddot{\zeta} + n_0^2 (1 + (-\theta_1 + j\theta_2)(D_0 + f(\zeta_{ot}))\zeta = -\frac{\partial^2 w_0}{\partial t^2},$$

бунда $q_{ia} = |q_i|$; $n_0^2 = \frac{c}{m}$.

Ҳосил бўлган дифференциал тенгламанинг икки томонини $u_m(x)$ га кўпайтирамиз ҳамда $[0; l]$ интервалда интеграллаймиз. Натижада (10) интегралдан ва Диракнинг дельта функцияси хоссасидан фойдаланиб ҳамда баъзи ҳисоблашларни бажаргандан сўнг қуйидаги дифференциал тенгламага эга бўламиз:

$$\ddot{q}_i + p_i^2 q_i - \mu \mu_0 n_0^2 u_{i0} (1 + (-\theta_1 + j\theta_2)(D_0 + f(\zeta_{ot}))H(\frac{l}{v} - t)\zeta = -d_i \frac{\partial^2 w_0}{\partial t^2}; \quad (14)$$

$$u_{i0} \ddot{q}_i + \ddot{\zeta} + n_0^2 (1 + (-\theta_1 + j\theta_2)(D_0 + f(\zeta_{ot}))\zeta = -\frac{\partial^2 w_0}{\partial t^2},$$

бунда $\mu = \frac{m}{\rho A l}$; $\mu_0 = \frac{l}{d_{2i}}$; $d_i = \frac{d_{1i}}{d_{2i}}$; $d_{1i} = \int_0^l u_i dx$; $d_{2i} = \int_0^l u_i^2 dx$.

(14) ифода эластик стержен ва гистерезис типдаги эластик диссипатив характеристикали динамик сўндигичнинг биргаликдаги кўндаланг тебранишларининг математик модели ҳисобланади.

Хулоса. Олинган ҳаракат дифференциал тенгламалар системаси динамик сўндиргичнинг гистерезис типдаги эластик диссипатив характеристикаларини ҳисобга олган ҳолда тебранишлардан ҳимояланувчи стерженнинг кўндаланг тебранишлари динамикасини баҳолаш имконини беради.

Адабиётлар.

1. Yardimoglu B., Aydin L. Exact longitudinal vibration characteristics of rods with variable cross-sections. Shock and Vibration. Volume 18, 2011, Pp. 555–562, DOI 10.3233/SAV-2010-0561
2. Mkrtchyan K.S. Study of forced transverse vibrations of elastic hinge-operated rod taking into account rotative movement. Mech. Solids. Volume 54, 2019, Pp. 112–121. <https://doi.org/10.3103/S0025654419010096>
3. Jue X., Yuan-jie Ch., Yong-li M. Transverse vibrations of a thin loaded rod: theory and experiment. European Journal of Physics. Volume 36, 2015, <http://iopscience.iop.org/0143-0807/36/5/055035>
4. Chaohe Ch., Yong H., Guangfan L. Calculation of the natural frequencies of transverse vibration of complex beams using the differential-matrix equations. Advanced Materials Research. Volume 243-249, 2011, Pp. 284-289,

- <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.243-249.284>
5. 5. Mohamed G., Sinan M. Transverse vibration of two axially moving beams connected by an elastic foundation. Proceedings of 2005 ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, 2005, Florida. DOI:10.1115/IMECE2005-80377
 6. 6. Дусматов О.М. Моделирование динамики виброзащитных систем. –Т.: Издательство Фан. 1997. 167 с.
 7. 7. Павловский М.А., Рыжков Л.М., Яковенко В.Б., Дусматов О.М. Нелинейные задачи динамики виброзащитных систем. – К.: Техника, 1997. – с. 204.
 8. 8. Mirsaidov M.M., Dusmatov O.M., Khodjabekov M.U. The problem of mathematical modeling of a vibration protected rod under kinematic excitations. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 1030 (2021) 012069, <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1030/1/012069>
 9. 9. Mirsaidov M.M., Dusmatov O.M., Khodjabekov M.U. Mode Shapes of Transverse Vibrations of Rods Protected from Vibrations in Kinematic Excitations. Lecture Notes in Civil Engineering 170, (2021), pp. 217-227, https://doi.org/10.1007/978-3-030-79983-0_20
 10. Mirsaidov M.M., Dusmatov O.M., Khodjabekov M.U. Stability of nonlinear vibrations of plate protected from vibrations. Journal of Physics: Conference Series, 1921 (2021) 012097, <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1921/1/012097>
 11. Mirsaidov M.M., Dusmatov O.M., Khodjabekov M.U. Mathematical modeling of hysteresis type elastic dissipative characteristic plate protected from vibration. *International Conference on Actual Problems of Applied Mechanics - APAM-2021*, AIP Conf. Proc. 2637, 060009-1–060009-7; <https://doi.org/10.1063/5.0118289>
 12. Mirsaidov M.M., Dusmatov O.M., Khodjabekov M.U. Evaluation of the dynamics of elastic plate and liquid section dynamic absorber. *PNRPU Mechanics Bulletin*, 2022, no. 3, pp. 51-59. <https://doi.org/10.15593/perm.mech/2022.3.06>
 13. Mirsaidov M.M., Dusmatov O.M., Khodjabekov M.U. Mode Shapes of Hysteresis Type Elastic Dissipative Characteristic Plate Protected from Vibrations. Lecture Notes in Civil Engineering 282, (2023), pp. 127-140, https://doi.org/10.1007/978-3-031-10853-2_12
 14. Mirsaidov M.M., Dusmatov O.M., Khodjabekov M.U. Dynamics of the rod protected from vibration under kinematic excitations. *International Scientific Conference “Construction Mechanics, Hydraulics & Water Resources Engineering”*, CON-MECHYDRO 2021 AS, 7-9 September 2021, Tashkent, Uzbekistan. AIP Conference Proceedings 2612, 030005 (2023) <https://doi.org/10.1063/5.0113225>
 15. Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. Вибропоглощающие свойства конструкционных материалов. Справочник.- Киев: Наук.думка, 1971–327 с.

Муаллиф хақида маълумот:

- Ходжабеков Мураджон Усарович;
- Физика-математика фанлари бўйича фалсафа доктори;
- Самарқанд шаҳри 29-даҳа 236 уй 30 хонадон;
- электрон почтаси: uzedu@inbox.ru
- телефон рақами: 93-703-33-32
- Юлдошова Зарнигор Сайфулло кизи;
- Самарқанд давлат архитектура-қурилиш университети докторанти;
- Самарқанд шаҳри 29-даҳа 4 уй 6 хонадон;
- электрон почтаси: yuldoшовazarnigor30@gmail.com
- телефон рақами: 93-321-23-33