

TÁBIYIY HÁM TEXNIKALÍQ ILIMLER

Fizika. Matematika. Texnika. Informatika

ЭЛЕКТРОМАГНИТ ЭЛАСТИК ЮПҚА АНИЗОТРОП ПЛАСТИНАЛАРИНИНГ ТЕБРАНИШИ МАСАЛАСИНИНГ МАТЕМАТИК МОДЕЛИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ

М.А.Артикбаев – таянч докторант

Рақамли технологиялар ва сунъий интеллектни ривожлантириш илмий-тадқиқот институти

Таянч сўзлар: электромагнитэластик, анизотроп пластина, Гамильтон-Остроградский вариацион тамойили, Киргоф-Ляв гипотезаси, Коши муносабатлари, Гук қонуни, Максвелл электромагнит тензори.

Ключевые слова: электромагнитно-упругий, анизотропная пластина, принцип вариации Гамильтона-Остроградского, гипотеза Киргофа-Лява, соотношения Коши, закон Гука, электромагнитный тензор Максвелла.

Key words: electromagnetic-elastic, anisotropic plate, Hamilton-Ostrogradsky variational principle, Kirchhoff-Lyav hypothesis, Cauchy relations, Hooke's law, Maxwell's electromagnetic tensor.

Бугунги кунда техника соҳасида электромагнит майдонларнинг электр ўтказувчанлик назарияси, хусусан, икки ёки ундан ортиқ физик майдонларнинг ўзаро боғлиқлиги назариясига асосланган тадқиқот ишлари изчил суратларда ривожланмоқда.

Электромагнит эластиклик назарияси ва уни ечиш масалалари билан кўпчилик машҳур олимлар: С.А.Амбарцумян, Г.Е.Багдасарян, М.В.Белубекян, В.Л.Рвачев, Л.В.Курпа, Л.В.Мольченко, И.Т.Селезов, М.Р.Короткина, Х.А.Рахматулин, В.К.Кабулов, Ш.А.Назирова, Т.Юлдашев, А.А.Халджигитов, Р.Индиаминов, Ф.М.Нуралиев, Ш.А.Анаровалар каби чет эл ва мамлакатимиз олимлари илмий-тадқиқот ишларини олиб боришган.

Электромагнит майдонида жойлашган, анизотроп эгилувчан қалинлиги h га тенг бўлган юпқа пластина электр токини ўтказувчан материалдан тайёрланган бўлиб, электромагнит кучлари олдиндан берилган. Ташки ток ва зарядлар мавжуд эмас [1-3].

Пластинка декарт координат x_1, x_2, x_3 системасида шундай жойлашганки ўрта текислик x_1, x_2 билан устма – уст тушади.

Пластинанинг ҳаракат тенгламасини ишлаб чиқишда кўчишнинг ўзгариш қонунлари сифатида қуйидаги Кирхгоф-Ляв гипотезасидан фойдаланилади [1,4]:

$$u_1(x, y, z) = u - z \frac{\partial w}{\partial x}, \quad u_2(x, y, z) = v - z \frac{\partial w}{\partial y}, \quad u_3(x, y, z) = w; \quad (1)$$

бу ерда: u, v, w – кўчишлар.

Гамильтон-Остроградский вариацион тамойили асосида Коши муносабатлари, Гук қонуни ва Максвелл электромагнит тензор кўринишидан фойдаланиб, электромагнит майдонида жойлашган юпқа анизотроп пластинанинг кўчишга нибатан бошланғич ва чегаравий шартларга эга хусусий ҳосилалар дифференциал тенгламалар системаси кўринишидаги математик модели ишлаб чиқилади [4-5].

Гамильтон- Остроградский вариацион тамойилининг умумий кўриниши [4]:

$$\int_t (\delta K - \delta \Pi + \delta A) dt = 0; \quad (2)$$

бу ерда: δ – вариация ҳосиласи; K – кинетик энергия; Π – потенциал энергия; A – ташки ҳажм ва сирт кучлари бажарган иш.

Кинетик энергиянинг ўзгаришини ҳисоблашда қуйидаги муносабатдан фойдаланамиз[4]:

$$\int_t \delta K dt = \frac{1}{2} \int_t \int_V \delta \rho \left[\left(\frac{\partial u_1}{\partial t} \right)^2 + \left(\frac{\partial u_2}{\partial t} \right)^2 + \left(\frac{\partial u_3}{\partial t} \right)^2 \right] dV dt; \quad (3)$$

бунда: ρ – материал зичлиги; u_1, u_2, u_3 – кўчиш, V – ҳажм, t – вақт.

Бу ерда u_1, u_2, u_3 ларнинг ўрнига (1) формуладаги қийматларини келтириб қўямиз ва вариация остидаги кинетик энергияни бўлақларга бўлиб интеграллаймиз, ундан сўнг пластина қалинлиги бўйича бирлаштирилади ҳамда тасир қиймат жуда кичик бўлган ҳадлар тушириб қолдирилади. Натижада вариацион кинетик энергиянинг умумий кўриниши ҳосил бўлди:

$$\begin{aligned} \int_t \delta K = & \int_t \int_{x,y} \left\{ \rho h \frac{\partial u}{\partial t} \delta u + \rho h \frac{\partial v}{\partial t} \delta v + \rho h \frac{\partial w}{\partial t} \delta w \right\} dy dx \Big|_t + \int_y \rho \frac{h^3}{12} \frac{\partial^2 w}{\partial t \partial x} \delta w \Big|_x \Big|_t + \\ & + \int_x \rho \frac{h^3}{12} \frac{\partial^2 w}{\partial t \partial y} \delta w \Big|_y dx \Big|_t - \int_t \int_{x,y} \left\{ \rho h \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \delta u + \rho h \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} \delta v + \rho h \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} \delta w \right\} dy dx dt. \end{aligned} \quad (5)$$

Вариация остидаги потенциал энергияни аниқлашнинг умумий кўриниши[4]:

$$\delta \Pi = \int_v [\sigma_{11} \delta e_{11} + \sigma_{22} \delta e_{22} + \sigma_{12} \delta e_{12}] dv; \quad (6)$$

бу ерда e – деформация, σ – кучланиш.

Коши муносабатлари (1) Кирхгофа-Лява гипотезасидан фойдаланиб қуйидагича аниқланади [4]:

$$\begin{cases} \delta e_{11} = \delta \frac{\partial u}{\partial x} - z \delta \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{1}{2} \frac{\partial w}{\partial x} \delta \frac{\partial w}{\partial x}; \\ \delta e_{22} = \delta \frac{\partial v}{\partial y} - z \delta \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{1}{2} \frac{\partial w}{\partial y} \delta \frac{\partial w}{\partial y}; \\ \delta e_{12} = \frac{1}{2} \left(\delta \frac{\partial u}{\partial y} + \delta \frac{\partial v}{\partial x} - 2 z \delta \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} + \frac{\partial w}{\partial x} \delta \frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial y} \delta \frac{\partial w}{\partial x} \right). \end{cases} \quad (7)$$

Энди (6) формуладаги $\delta e_{11}, \delta e_{22}, \delta e_{12}$ ларнинг ўрнига (7) келтириб қўйилади ва пластина калинлиги бўйича бирлаштирилади, бундан кейин айрим белгилалар киритамиз ҳамда ҳар бир ҳадини алоҳида бўлаклаб интеграллаймиз. Натижада қуйидаги (8) вариацион потенциал энергиянинг умумий кўриниши ҳосил бўлди:

$$\begin{aligned} \delta \Pi = & \int_y \left\{ N_{11} \delta u - M_{11} \delta \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial M_{11}}{\partial x} \delta w + N_{11} \frac{\partial w}{\partial x} \delta w + \frac{1}{2} N_{12} \delta v - \frac{1}{2} M_{12} \delta \frac{\partial w}{\partial y} - \right. \\ & \left. - \frac{1}{2} \frac{\partial M_{12}}{\partial y} \delta w + \frac{1}{2} N_{12} \frac{\partial w}{\partial y} \delta w \right\} dy + \int_x \left\{ N_{22} \delta v - M_{22} \delta \frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial M_{22}}{\partial y} \delta w + N_{22} \frac{\partial w}{\partial y} \delta w + \right. \\ & \left. + \frac{1}{2} N_{12} \delta u + \frac{1}{2} \frac{\partial M_{12}}{\partial x} \delta w - \frac{1}{2} M_{12} \delta \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{1}{2} N_{12} \frac{\partial w}{\partial x} \delta w \right\} dx - \int_y \int_x \left\{ \frac{\partial N_{11}}{\partial x} \delta u + \frac{1}{2} \frac{\partial N_{12}}{\partial y} \delta u + \right. \\ & \left. + \frac{\partial N_{22}}{\partial y} \delta v + \frac{1}{2} \frac{\partial N_{12}}{\partial x} \delta v + \frac{\partial}{\partial x} \left(N_{11} \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{1}{2} N_{12} \frac{\partial w}{\partial y} \right) \delta w + \frac{\partial}{\partial y} \left(N_{22} \frac{\partial w}{\partial y} + \frac{1}{2} N_{12} \frac{\partial w}{\partial x} \right) \delta w + \right. \\ & \left. + \frac{\partial^2 M_{11}}{\partial x^2} \delta w + \frac{\partial^2 M_{12}}{\partial x \partial y} \delta w + \frac{\partial^2 M_{22}}{\partial y^2} \delta w \right\} dx dy. \end{aligned} \quad (8)$$

Бу ерда:

$$\begin{aligned} N_{11} &= \int_{-h/2}^{h/2} \sigma_{11} dz, \quad N_{22} = \int_{-h/2}^{h/2} \sigma_{22} dz, \quad M_{11} = \int_{-h/2}^{h/2} z \sigma_{11} dz, \\ M_{22} &= \int_{-h/2}^{h/2} z \sigma_{22} dz, \quad N_{12} = \int_{-h/2}^{h/2} \sigma_{12} dz, \quad M_{12} = \int_{-h/2}^{h/2} z \sigma_{12} dz. \end{aligned} \quad (9)$$

Электромагнит майдон кучларни ҳисобга олган ҳолда ташқи кучлар бажарган ишнинг вариацияси қуйидагича аниқланади [4]:

$$\begin{aligned} \int_t \delta A dt &= \int_t \int_v [(X + \rho K_x) \delta u_1 + (Y + \rho K_y) \delta u_2 + (Z + \rho K_z) \delta u_3] dv dt + \\ &+ \int_t \int_y \int_x [(q_x + T_{zx}) \delta u_1 + (q_y + T_{zy}) \delta u_2 + (q_z + T_{zz}) \delta u_3] \Big|_z dx dy dt + \\ &+ \int_t \int_y \int_z [(P_x + T_{xx}) \delta u_1 + (P_y + T_{xy}) \delta u_2 + (P_z + T_{xz}) \delta u_3] \Big|_x dz dy dt + \\ &+ \int_t \int_x \int_z [(F_x + T_{yx}) \delta u_1 + (F_y + T_{yy}) \delta u_2 + (F_z + T_{yz}) \delta u_3] \Big|_y dz dx dt. \end{aligned} \quad (10)$$

Бунда $X, Y, Z, \rho K_x, \rho K_y, \rho K_z$ – ҳажмий кучларини ташкил этувчилари; $q_x = q_x^+ + q_x^-$, $q_y = q_y^+ + q_y^-$, $q_z = q_z^+ + q_z^-$, $T_{zx} = T_{zx}^+ + T_{zx}^-$, $T_{zy} = T_{zy}^+ + T_{zy}^-$, $T_{zz} = T_{zz}^+ + T_{zz}^-$ – сирт кучларини ташкил этувчилари; $P_x, P_y, P_z, T_{xx}, T_{xy}, T_{xz}, F_x, F_y, F_z, T_{yx}, T_{yy}, T_{yz}$ – контур кучларини ташкил этувчилари.

Ташқи кучлар ишларининг вариациясига мос равишда (10) дан ўринларни алмаштириш ва тегишли операцияларни бажариш, хусусан, интеграллаш, бўлаклаб интеграллаш, ўхшаш ҳадларни қисқартириш, шунингдек ифодаларни алмаштиришлар орқали, биз қуйидаги (11) га эга бўламиз:

$$\begin{aligned} \int_t \delta A dt &= \int_t \int_y \int_x [(N_x + R_x + q_x + T_{zx}) \delta u + (N_y + R_y + q_y + T_{zy}) \delta v + \\ &+ (N_z + R_z + q_z + T_{zz}) \delta w] dx dy dt + \\ &+ \int_t \int_y [(N_{Px} + N_{Txx}) \delta u + (N_{Py} + N_{Txy}) \delta v + (N_{Pz} + N_{Txz}) \delta w] \Big|_x dy dt + \\ &+ \int_t \int_x [(N_{Fx} + N_{Tyx}) \delta u + (N_{Fy} + N_{Tyy}) \delta v + (N_{Fz} + N_{Tyz}) \delta w] \Big|_y dx dt. \end{aligned} \quad (11)$$

Бунда:

$$\begin{aligned} N_x &= \int_z X dz, \quad N_y = \int_z Y dz, \quad N_z = \int_z Z dz, \quad R_x = \int_z \rho K_x dz, \quad R_y = \int_z \rho K_y dz, \quad R_z = \int_z \rho K_z dz, \\ N_{Px} &= \int_z P_x dz, \quad N_{Py} = \int_z P_y dz, \quad N_{Pz} = \int_z P_z dz, \quad N_{Txx} = \int_z T_{xx} dz, \quad N_{Txy} = \int_z T_{xy} dz, \quad N_{Txz} = \int_z T_{xz} dz, \\ N_{Fx} &= \int_z F_x dz, \quad N_{Fy} = \int_z F_y dz, \quad N_{Fz} = \int_z F_z dz, \quad N_{Tyx} = \int_z T_{yx} dz, \quad N_{Tyy} = \int_z T_{yy} dz, \quad N_{Tyz} = \int_z T_{yz} dz. \end{aligned}$$

Олинган ифодаларни (2) Гамильтон-Остроградский вариацион тамойилига асосан, кинетик ва потенциал энергиянинг ўзгариши ва ташки кучлар бажарган ишни келтириб ўрнига қўямиз. Натижада (12)-(14) электромагнит майдонида жойлашган анизотроп эгилювчан юпка пластиналар учун бошланғич ва чегара шартларга эга бўлган геометрик ночизиқ математик модели ҳосил бўлади:

$$\begin{cases} -\rho h \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + \frac{\partial N_{11}}{\partial x} + \frac{1}{2} \frac{\partial N_{12}}{\partial y} + N_x + R_x + q_x + T_{zx} = 0, \\ -\rho h \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} + \frac{1}{2} \frac{\partial N_{12}}{\partial x} + \frac{\partial N_{22}}{\partial y} + N_y + R_y + q_y + T_{zy} = 0, \\ -\rho h \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} + \frac{\partial}{\partial x} \left(N_{11} \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{1}{2} N_{12} \frac{\partial w}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{1}{2} N_{12} \frac{\partial w}{\partial x} + N_{22} \frac{\partial w}{\partial y} \right) + \\ + \frac{\partial^2 M_{11}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M_{12}}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 M_{22}}{\partial y^2} + N_z + R_z + q_z + T_{zz} = 0, \end{cases} \quad (12)$$

Бошлагич шарт:

$$\rho h \frac{\partial u}{\partial t} \Big|_t = 0, \quad \rho h \frac{\partial v}{\partial t} \Big|_t = 0, \quad \rho h \frac{\partial w}{\partial t} \Big|_t = 0, \quad \rho \frac{h^3}{12} \frac{\partial^2 w}{\partial t \partial x} \Big|_x = 0, \quad \rho \frac{h^3}{12} \frac{\partial^2 w}{\partial t \partial y} \Big|_y = 0; \quad (13)$$

Чегаравий шарт:

$$\begin{cases} N_{11} \delta u \Big|_x = 0, \quad \frac{1}{2} N_{12} \delta v \Big|_x = 0, \quad -M_{11} \delta \frac{\partial w}{\partial x} \Big|_x = 0, \quad -\frac{1}{2} M_{12} \delta \frac{\partial w}{\partial y} \Big|_x = 0, \\ \left[N_{11} \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{1}{2} N_{12} \frac{\partial w}{\partial y} - \frac{\partial M_{11}}{\partial x} - \frac{1}{2} \frac{\partial M_{12}}{\partial y} \right] \delta w \Big|_x = 0, \\ \left[(N_{Px} + N_{Txx}) \delta u + (N_{Py} + N_{Txy}) \delta v + (N_{Pz} + N_{Txz}) \delta w \right] \Big|_x = 0, \\ N_{22} \delta v \Big|_y = 0, \quad \frac{1}{2} N_{12} \delta u \Big|_y = 0, \quad -M_{22} \delta \frac{\partial w}{\partial y} \Big|_y = 0, \quad -\frac{1}{2} M_{12} \delta \frac{\partial w}{\partial x} \Big|_y = 0, \\ \left[N_{22} \frac{\partial w}{\partial y} + \frac{1}{2} N_{12} \frac{\partial w}{\partial x} - \frac{\partial M_{22}}{\partial y} - \frac{1}{2} \frac{\partial M_{12}}{\partial x} \right] \delta w \Big|_y = 0, \\ \left[(N_{Fx} + N_{Tyx}) \delta u + (N_{Fy} + N_{Tyy}) \delta v + (N_{Fz} + N_{Tyz}) \delta w \right] \Big|_y = 0. \end{cases} \quad (14)$$

Энди (12) - (14) анизотроп эгилювчан юпка пластиналарнинг геометрик ночизиқ математик моделидаги M_{11} , M_{22} , M_{12} - эгилиш ва бурилиш моментлари, N_{11} , N_{22} , N_{12} - нормал ва урунма кучларини аниқлаймиз.

Биз тадқиқ қилаётган пластина анизотроп материаллигини ҳисобга олган ҳолда, Гук қонуни қуйидагича ифодаланади[2,3]:

$$\begin{aligned} \sigma_{11} &= B_{11} \varepsilon_{11} + B_{12} \varepsilon_{22} + B_{16} \varepsilon_{12}, \\ \sigma_{22} &= B_{12} \varepsilon_{11} + B_{22} \varepsilon_{22} + B_{26} \varepsilon_{12}, \\ \sigma_{12} &= B_{16} \varepsilon_{11} + B_{26} \varepsilon_{22} + B_{66} \varepsilon_{12}. \end{aligned} \quad (15)$$

Бунда, $\varepsilon_{11}, \varepsilon_{12}, \varepsilon_{22}$ - деформация тензори компоненталари; $\sigma_{11}, \sigma_{12}, \sigma_{22}$ - кучланиш тензори компоненталари; B_{ij} ($i, j = 1, 2, 6$) - пластина материалнинг эластик доимийлар [2,3].

Юқоридаги (7) ва (15) ларга асосланиб, анизотроп эгилювчан юпка пластиналар учун (9) моментлар ва кучлар қуйидагича муносабатлар билан аниқланади:

$$\begin{aligned} N_{11} &= h \left[B_{11} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 \right) + B_{12} \left(\frac{\partial v}{\partial y} + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial y} \right)^2 \right) + B_{16} \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial x} \frac{\partial w}{\partial y} \right) \right], \\ N_{22} &= h \left[B_{12} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 \right) + B_{22} \left(\frac{\partial v}{\partial y} + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial y} \right)^2 \right) + B_{26} \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial x} \frac{\partial w}{\partial y} \right) \right], \end{aligned} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} N_{12} &= h \left[B_{16} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 \right) + B_{26} \left(\frac{\partial v}{\partial y} + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial y} \right)^2 \right) + B_{66} \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial x} \frac{\partial w}{\partial y} \right) \right], \\ M_{11} &= -\frac{h^3}{12} (B_{11} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + 2B_{16} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} + B_{12} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2}), \\ M_{22} &= -\frac{h^3}{12} (B_{12} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + 2B_{26} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} + B_{22} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2}), \\ M_{12} &= -\frac{h^3}{12} (B_{16} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + 2B_{66} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} + B_{26} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2}). \end{aligned} \quad (17)$$

(12) ҳаракат тенгламаларидаги N_{11} , N_{22} , N_{12} , M_{11} , M_{22} , M_{12} қийматларини ўрнига (16), (17) ларни келтириб қўямиз ва қуйидаги электромагнит майдонда жойлашган юпка анизотроп пластинанинг кўчишга нибатан тўртинчи тартибли хусусий ҳосилалари дифференциал тенгламалар системасига эга бўламиз:

$$\left\{ \begin{aligned} & -\rho h \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + B_{11} h \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{3B_{16}h}{2} \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + \frac{B_{66}h}{2} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + B_{16} h \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + (B_{12} + \frac{B_{66}}{2}) h \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y} + \frac{B_{26}h}{2} \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \\ & + B_{11} h \frac{\partial w}{\partial x} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{3B_{16}h}{2} \frac{\partial w}{\partial x} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} + B_{16} h \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \frac{\partial w}{\partial y} + \frac{B_{26}h}{2} \frac{\partial w}{\partial y} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + (B_{12} + \frac{B_{66}}{2}) h \frac{\partial w}{\partial y} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} + \\ & + \frac{B_{66}h}{2} \frac{\partial w}{\partial x} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + N_x + R_x + q_x + T_{xx} = 0, \\ & -\rho h \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} + \frac{B_{16}h}{2} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + (B_{12} + \frac{B_{66}}{2}) h \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + B_{26} h \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{B_{66}h}{2} \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{3B_{26}h}{2} \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y} + B_{22} h \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \\ & + \frac{B_{16}h}{2} \frac{\partial w}{\partial x} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + (B_{12} + \frac{B_{66}}{2}) h \frac{\partial w}{\partial x} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} + \frac{B_{66}h}{2} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \frac{\partial w}{\partial y} + B_{22} h \frac{\partial w}{\partial y} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{3B_{26}h}{2} \frac{\partial w}{\partial y} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} + \\ & + B_{26} h \frac{\partial w}{\partial x} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + N_y + R_y + q_y + T_{yy} = 0, \\ & -\rho h \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} + h \left[B_{11} \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial x} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{3}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right) + \left(B_{12} + \frac{1}{2} B_{66} \right) \frac{\partial^2 v}{\partial y \partial x} \frac{\partial w}{\partial x} + B_{12} \frac{\partial v}{\partial y} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \right. \\ & + 2(B_{12} + B_{66}) \frac{\partial w}{\partial y} \frac{\partial^2 w}{\partial y \partial x} \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{1}{2} (B_{12} + B_{66}) \left(\frac{\partial w}{\partial y} \right)^2 \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \left(B_{16} + \frac{1}{2} B_{66} \right) \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} \frac{\partial w}{\partial x} + \\ & + B_{16} \left(\frac{\partial u}{\partial y} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial x} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right) + \frac{5}{2} B_{16} \frac{\partial w}{\partial x} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \frac{\partial w}{\partial y} + 2B_{16} \left(\frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} + \frac{1}{2} B_{16} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \frac{\partial w}{\partial y} + \\ & + B_{16} \frac{\partial u}{\partial x} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} + \frac{1}{2} B_{26} \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y} \frac{\partial w}{\partial y} + B_{26} \frac{\partial v}{\partial y} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} + 2B_{26} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} + \left(B_{12} + \frac{1}{2} B_{66} \right) \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} \frac{\partial w}{\partial y} + \\ & + B_{66} \frac{\partial u}{\partial y} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} + \frac{1}{2} B_{66} \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} \frac{\partial w}{\partial y} + B_{66} \frac{\partial v}{\partial x} \frac{\partial^2 w}{\partial y \partial x} + \frac{1}{2} B_{26} \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{5}{2} B_{26} \frac{\partial w}{\partial y} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{1}{2} B_{66} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \frac{\partial w}{\partial x} + \\ & + \frac{1}{2} (B_{12} + B_{66}) \left(\frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + B_{12} \frac{\partial u}{\partial x} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + B_{22} \left(\frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial y} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{3}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial y} \right)^2 \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) + \\ & + B_{26} \left(\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial u}{\partial y} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial v}{\partial x} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) \left. \right] - \frac{B_{11}h^3}{12} \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} - \frac{B_{26}h^3}{4} \frac{\partial^4 w}{\partial x \partial y^3} - (B_{12} + B_{66}) \frac{h^3}{6} \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} - \\ & - \frac{B_{16}h^3}{4} \frac{\partial^4 w}{\partial x^3 \partial y} - \frac{B_{22}h^3}{12} \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} + N_z + R_z + q_z + T_{zz} = 0. \end{aligned} \right\}$$

Шундай қилиб, электромагнит майдонда жойлашган юпка анизотроп пластиналар тебраниш масаласининг математик модели ишлаб чиқилди.

Бунда электромагнитэластик юпка анизотроп пластинанинг геометрик нозик деформацион-кучланиш ҳолатига электромагнит майдон таъсирлари ўрганилди;

Гамильтон-Остроградский вариацион тамойили асосида Кирхгоф-Ляв гипотезаси, Коши муносабатлари, Гук қонуни ҳамда Максвелл

электромагнит тензор кўринишларидан фойдаланиб, потенциал энергия, кинетик энергия ва ташқи кучлар бажарган ишнинг вариацион кўринишлари аниқланди. Натижада кўчишга нибатан бошланғич ва чегаравий шартларга эга, хусусий ҳосилалар дифференциал тенгламалар системаси кўринишидаги математик модели олинди;

Бу тенгламалар, тадқиқ қилинаётган пластина чегараларини маҳкамлаш ҳолатларига қараб, тегишли чегаравий шартларда ечилади.

Адабиётлар

1. Амбарцумян С.А., Багдасарян Г.Е., Белубекян М.В. Магнитоупругость тонких оболочек и пластин. - М.: "Наука". 1977.
2. Амбарцумян С.А. Теория анизотропных пластин. - М.: «Наука», 1987. - С. 360.
3. Амбарцумян С.А., Белубекян М.В. Некоторые задачи электромагнитоупругости пластин. - Ереван: 1991. - С. 144.
4. Кабулов В.К. Алгоритмизация в теории упругости и деформационной теории пластичности. - Ташкент: «Фан», 1966.
5. Васидзе К. Вариационной методы в теории упругости и пластичности. Пер с англ. - М.: «Мир», 1987. - С. 542.

РЕЗЮМЕ

Мақола юпка мураккаб шаклдаги анизотроп пластиналарнинг электромагнит эластик деформацион-кучланиш ҳолатини математик моделлаштиришга бағишланади.

РЕЗЮМЕ

Статья посвящена математическому моделированию электромагнитно-упругого, деформационно-напряженного состояния анизотропных пластин сложной формы.

SUMMARY

The article is devoted to the mathematical modeling of the electromagnetic-elastic deformation-stress state of anisotropic plates of thin complex shape.

УДК 004.056.5

БИР МЭРТЕЛИК ПАРОЛЬ ТИЙКАРЫНДА БИР БАҒДАРЛЫ АУТЕНТИФИКАЦИЯ ПРОТОКОЛЛАРЫНЫҢ АНАЛИЗИ

Ж.Т.Арзиева – техника илимлари бойынша философия докторы, доцент

С.М.Калмуратова – стажер оқытушы

Н.Р.Палъаниязова - студент

Бердақ атындағы Қарақалпақ мамлекетлик университети

Таянч сўзлар: бир марталик пароль, БМП, HOTP алгоритми, TOTP алгоритми, SMS, smart-карта, token, RSA Security.

Ключевые слова: одноразовый пароль, ОНР алгоритм HOTP, алгоритм TOTP, SMS, смарт-карта, токен, RSA Security.

Key words: one-time password, OTP, HOTP algorithm, TOTP algorithm, SMS, smart card, token, RSA Security.

OTP (One-time password) тармак ямаса хизметтен пайдаланыўда бир мэртелик пароллерге тийкарланган механизм болып, ол қолға киргизилген логин/паролден қайта пайдалана алмаўды кепиллей алады. Бундай жағдайда, пайдаланыўшының логини өзгерместен, ҳәр бир урыныўда оның пароли өзгериш турады.

Бир мэртелик пароллер, әдетте, бир тәрәплеме функциялар есапланған хэш функциялар тийкарында пайда етиледи ямаса хэш функциялар тийкарында аутентификация протоколы ислеп шығылады. OTP тийкарындағы бир бағдарлы аутентификация протоколлары олардан бири есапланады. Бул аутентификация протоколларында қарыйдар хэм серверде бир қыйлы “санақ мәниси” болып, қарыйдар бул санақ мәниси хэм жасырын гилти жәрдемінде бир мэртелик паролды генерация қылады хэм оннан кейин санақтың мәниси асырылады. Генерация қылынған бир мэртелик паролды пайдаланыўшы серверге киритеди. Өз нәубетінде, сервер де клиент пенен бирдей болған санақ мәниси хэм жасырын гилти жәрдемінде бир мэртелик паролды генерация қылады хэм қарыйдар тәрәпинен киритилген пароль менен салыстырылады. Салыстырыў нәтийжеси қанаатландырылғы болғанда пайдаланыўшы аутентификациядан өткен есапланады. Кери жағдайда болса, аутентификациядан өте алмайды [1:45].

Бир бағдарлы бир мэртелик пароллерге тийкарланған аутентификация протоколларында OTP ны пайдаланыўшы тәрәпинен серверге төмендегисе жеткерийи мүмкин:

а) Қарыйдарда да серверде бар болған OTP генераторы хэм бир қыйлы санақ мәниси (хэм жасырын гилт) бар болып, әдетте қурылма (яки программалық қурап) көринисінде болған жеке токен арқалы пайда етиледи. Қурылмада (мәселен, қурылманың экранында пайда болған) ямаса программалық қураптарда (мәселен, арнаўлы мобил қосымшаларында

(приложениелерінде)) пайда болған OTP қарыйдар тәрәпинен “қолда” киритиледи. Буларға RSA Security шөлкемнің SecurID қурылмасын ямаса TOTP (ямаса HOTP)ға тийкарланған мобил қосымшаларды (Google Authenticator, Microsoft Authenticator) мысал етип келтирийи мүмкин.

HOTP протоколы. HOTP (An HMAC-Based One-Time Password Algorithm) алгоритми еки тәрәпте бөлиштирилген гилт К хэм бир қыйлы санақ жағдайы С болғанда синхрон ислейди.

TOTP протоколы. TOTP (Time-Based One-Time Password Algorithm) алгоритми HOTP дан парықлы түрде санақ мәниси сыпатында ўақыттан пайдаланады. Ўақыт зоналары менен бар машқалалардан қашыў ушын 1970-жыл 1-январьдан басланыўшы секундта көрсетилген UNIX ўақыт белгисинен пайдаланылған. Бул ўақыт мәниси секундта көрсетилгени ушын ҳәр 30 секундта TOTP ушын кирийи T параметр пайда болады ($T = \left\lfloor \frac{\text{UNIX ўақты}}{30} \right\rfloor$).

Әмелде ўақытты синхронлаўға хэм санақты синхронлаўға тийкарланған OTP протоколлары жүдә кең пайдаланылады. Бул еки протоколға тийкарланған аутентификация протоколларындағы артықмашылығы хэм де кемшиликлери 1-кестеде сәўлеленген.

Хәр еки протоколдың да өзине тән артықмашылығы хэм кемшиликлери бар болса, қәуипсизлик көзқарасынан қысқа ўақыт даўамында әмел етийи хэм пайдаланыўдағы қолайлығы себепли ўақытты синхронлаўға тийкарланған аутентификация усылларынан пайдаланыў мақсетке муўапық есапланады.

б) OTP сервер тәрәпинен пайда етиледи хэм узатыў тармақлары арқалы клиентке жеткизиледи. Буларға мысал ретінде мобил қурылмаларына SMS (Short Message Service) арқалы жиберийи, электрон почта арқалы жиберийи ямаса “қағазға” жазып алыў усылларын келтирийи мүмкин.