

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БАРАНОВИЧСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерный факультет

**ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ:
ИННОВАЦИИ И КАЧЕСТВО**

**МАТЕРИАЛЫ
МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ**

**23—24 ноября 2007 г.
г. Барановичи
Республика Беларусь**

**Барановичи
РИО БарГУ
2007**

УДК 621(063)
ББК 30я73
Т38

Рецензенты:

В. М. Анищик, доктор физико-математических наук, профессор
(учреждение образования «Белорусский государственный университет»)
В. М. Благодарный, доктор технических наук, профессор,
(учреждение образования «Барановичский государственный университет»)
В. С. Хреновский,
(директор Барановичского завода станкопринадлежностей)

Редакционная коллегия:

В. И. Кочурко (главный редактор), *А. В. Акулов*, *И. А. Богданович*, *Ю. К. Калугин*, *Д. А. Ционенко*,
Д. А. Лабоцкий, *О. И. Наранович*, *В. А. Дремук*, *И. В. Дубень*, *О. С. Хилевич*, *Э. В. Якимчик*, *И. В. Лис*,
В. В. Таруц, *Н. А. Комендант*, *Т. В. Дейхина*,

Т38 **Техника и технологии: инновации и качество** [Текст] : материалы Междунар. науч.-практ. конф., 23—24 ноября 2007 г., Барановичи, Респ. Беларусь / редкол. : В. В. Таруц (гл. ред.) [и др.] — Барановичи : РИО БарГУ, 2007. — 410[1] с. — 100 экз. — ISBN 978-985-498-092-8

В материалах конференции освещаются результаты исследований современных тенденций инженерного профиля, включающие совершенствование технологий, оборудования, применение новых материалов и возобновляемых источников энергии. Рассмотрены актуальные проблемы естественных наук и исследования в области информационных технологий; а также экономические аспекты инновационных технических решений и проблемы охраны окружающей среды. В сборник вошли материалы, отражающие результаты теоретических и практических исследований, проведенных в вузах и научно-исследовательских институтах нашей страны и зарубежья.

Сборник может быть полезен научным сотрудникам, преподавателям, аспирантам и студентам.

УДК 621(063)
ББК 30я73

Соболь В. Р., Гоман П. Н., Касперов Г. И. Моделирование воздействия лучистого теплового потока на напочвенный покров леса сосновой формации	103
Качкар Г. В., Надева Л. Д. О приобщении студентов к экспериментально – исследовательской работе на лабораторных занятиях по физике	107
Кирюхова Е. Н. Моделирование экономических процессов как средство реализации интегративной функции курса математики	108
Лаптев Н. И. Построение функционала оценки качества движения динамической системы с одной степенью свободы	111
Летковский Л. И. Траектория полета тела в горизонтальном воздушном потоке	113
Кужир П. Г., Петренко С. И. Определение напряжений и деформаций в твердых телах	116
Ревинский А. Ф., Макоед И. И., Кокошкевич К., Янушкевич К. И., Галяс А. И., Демиденко О. Ф., Тригук В. В., Кривченя Д. В. Распределение спиновой плотности и оптические свойства мультиферроиков $La_xBi_{1-x}FeO_3$	119
Ризноокая Н. Н. Высокоточный метод измерения трения качения	123
Русан С. І. Диференціальныя ўраўненні плоскага напружана—дэфармаванага стану дыска с крывалінейнымі рэбрамі	127
Семенчукова О. А. Проблема стабилизации динамических систем	131
Синявский В. М. Система посадки самолетов с помощью двух станций с известной базой	132
Сиротина И. К. Метод интервалов как системный метод решения неравенств	137
Ционенко Д. А. Тензорные волновые уравнения первого порядка в неевклидовом пространстве—времени	142
Шляго Н. И., Шляго П. В. О конформных отображениях многосвязных областей	146
Makarava L. N., Nazarov M. M., Ozheredov I. A., Shkurinov A. P., Smirnov A. G., Zhukovsky S. V. Quasiperiodic photonic nanostructures for compression of ultrashort optical pulses	152

3 ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИННОВАЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И ПРОИЗВОДСТВА

Банникова З. В. Развитие инновационного потенциала личности как необходимого фактора эффективности экономики в XXI веке	157
Бондарь А. В. Инновационный тренд экономики в контексте динамики человеческого капитала	159
Ворошина Е. В. Проблемы и перспективы развития инновационной деятельности в Республике Беларусь	162
Гарбар И. С. Мотивация труда и её развитие в условиях перехода к рынку	166
Гомза Н. С., Питель В. В. Значение и роль качества в современных рыночных условиях	170
Гринцевич О. П. Методологические аспекты оценки научной и инновационной деятельности в научных организациях	173
Житкевич Г. Я., Якубович Т. Р. Инновационной экономике – инновационное образование	176
Жуковская Е. М. Сущность, значимость и этапы осуществления инновационной деятельности субъектов предпринимательства	178
Завадовский В. В. Теоретические основы инноватики	180
Игумнов В. Ф. Исследование зависимости издержек предприятия при освоении товара нового вида от метода и параметров переходного процесса	183
Климович Т. Г. Механизм финансирования инновационной деятельности в Республике Беларусь	187
Кравец Л. М. Конкурентные преимущества интегрированных промышленных структур как фактор инновационного развития страны	189
Лабоцкий Д. А. Стратегические цели и задачи инновационного развития Барановичского региона	191
Носова Н. В. Анализ и систематизация концепций управления персоналом	195
Нехорошева Л. Н. Модели формирования условий, благоприятных для инновационного развития	197
Нехорошева Л. Н., Егоров С. А. Развитие высоких технологий на основе реализации венчурных проектов	201
Павлова О. Н. Инновационные технологии обучения в профессиональном образовании сферы маркетинга	204
Питель В. В. Содержание и оценка трудовых ресурсов кадрового потенциала Республики Беларусь	207
Поддергина Л. И., Гайнутдинов Э. М. Экономическая оценка конкурентоспособности инновационных технических решений	210
Порошина О. О. Принципы и подходы к управлению инновационной экономикой в регионе	214
Радиевский М. В., Бармуцкий Р. И. Формирование организационно-экономического механизма управления эффективностью производства (программа энерго-и ресурсосбережения на предприятии)	216
Сидорович Н. И. Исследование актуальных методик оценки экономической эффективности функционирования предприятия	218
Шепетько О. В. Новая продукция и снижение издержек производства — главные элементы инвестиционной деятельности предприятий в современных экономических условиях	222
Шорохов В. П., Морозова Н. Н. Инновационные аспекты теории и практики воспроизводства человеческого потенциала	225

4 ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ, НАУКЕ И ТЕХНИКЕ

Анципорович П. П., Алейникова О. И., Булгак Т. И., Луцко Н. Я. Общепрофессиональная подготовка студентов с использованием информационных технологий	229
Афонин В. Г. О выборе базовых windows — приложений для обучения вычислениям и программированию	231

ДЫФЕРЭНЦЫЯЛЬНЫЯ ўРАўНЕННІ ПЛОСКАГА НАПРУЖАНА—дЭФАРМАВАНАГА СТАНУ ДЫСКА С КРЫВАЛІНЕЙНЫМІ РЭБРАМІ.

С.І.Русаў

1. Агульныя заўвагі.

Праблема даследавання напружана—дэфармаванага стану пласцінчата—стрыжнявых сістэм ужо многа дзесяцігоддзяў прыцягвае ўвагу даследчыкаў. Такія сістэмы знаходзяць шырокае прымяненне ў розных галінах тэхнікі: у авія— і суднабудаванні, у будаўнічых канструкцыях, у хімічным і энергашынабудаванні, і г.д. Яны нярэдка працуюць ў экстрэмальных умовах, у сувязі з чым прад'яўляюцца павышаныя вымогі да іх механічнай трываласці. А гэта, у сваю чаргу, патрабуе ўдасканалення метадаў разліку на трываласць.

Розныя навуковыя школы і калектывы па—рознаму вырашалі апісаную праблему. Нейкую ўяву аб эвалюцыі метадаў разліку можна атрымаць з прыведзеных тут навуковых прац [1–9] і зробленых у іх аналізаў. Разнастайнасць падыходаў, адсутнасць універсальнага метада стварае пэўныя цяжкасці для іх практычнага прымянення і не адпавядае сучаснаму ўзроўню вылічальнай тэхнікі. Цікавыя меркаванні аб перспектывах развіцця праблемы прыведзены ў рабоце [2], дзе прызнаецца мэтазгодным сімбіёз лікавых і аналітычных метадаў.

Ніжэй выкарыстана дакладная пастаноўка задачы, запазычаная ў рабоце [7], з арыентацыяй на лікавыя метады дыферэнцыравання і сучасную камп'ютэрную тэхналогію разлікаў. У адрозненне ад згаданай работы [7] тут для апісання напружана—дэфармаванага стану ў якасці асноўных невядомых прымаюцца не перамяшчэнні, а статыка—кінематычныя функцыі. На першым этапе даследавання дыскрэтнае размяшчэнне рэбраў не ўлічваецца.

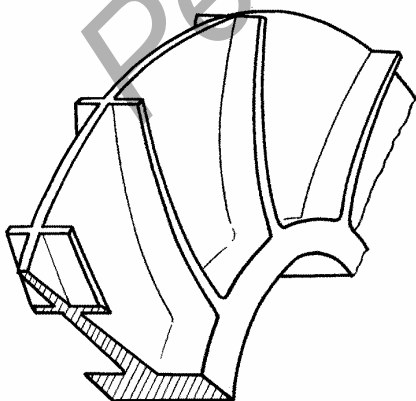
2. Разліковая схема. З рысункаў 2.1, 2.2 відаць, што аб'ект даследавання ўяўляе сабою механічную сістэму рэгулярнай структуры, у якой усе рэбры—лапаткі аднолькавы і адлегласці паміж імі роўны. Сістэма падвяргаецца сілавым і тэмпературным уздзеянням, зменным уздоўж радыуса і пастаянным па таўшчыні элементаў. Сілавыя ўздзеянні складаюцца з цэнтрабежных сіл масы дыска і лапатак, ціску вадкасці альбо газу на паверхні лапатак і на грузкі на краях дыска. Пры вывадзе ўраўненняў сістэма ўяўна падзяляецца на асобныя элементы – гладкі дыск і рэбры. Для іх прымянімы звычайныя ў тэорыі пругкіх пласцін і стрыжняў дапушчэнні:

1. Матэрыял элементаў механічнай сістэмы падпарадкоўваецца закону Гука.

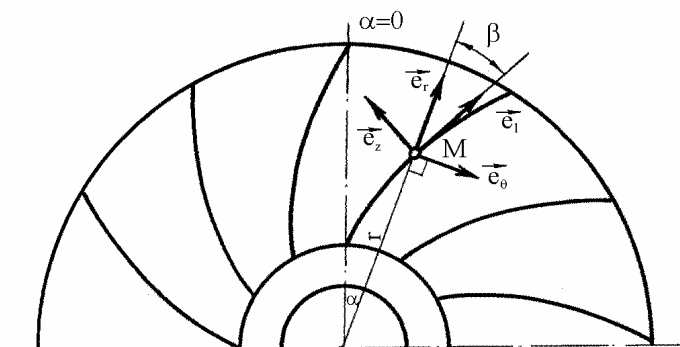
2. Дыск працуе ва ўмовах плоскага (двухмернага) напружанага стану і для яго справядліва гіпотэза Кірхгофа—Лява.

3. Геаметрычныя размеры лапатак такія, што для іх прымяніма гіпотэза плоскіх сячэнняў.

Згодна з разліковай схемай сістэмы кожны стрыжань жорстка змацаваны з дыскам па лініі, якая знаходзіцца ў сярэдняй плоскасці дыска і з'яўляецца геаметрычнай восьсю стрыжня. Будзем называць яе *лініяй спалучэння*. Ва ўсіх пунктах гэтай лініі выконваюцца ўмовы сумеснасці дэфармацый – роўнасць перамяшчэнняў і кантактных *сіл узаемадзеяння* \bar{q} дыска з рабром. На рысунку 2.2 у адвольным пункце М лініі спалучэння паказаны дзве артаганальныя сістэмы каардынат, зададзеныя ортамі \bar{e}_r, \bar{e}_q і \bar{e}_l, \bar{e}_z . Вуглы a і b з'яўляюцца функцыямі радыяльнай каардынаты r . Надалей усе велічыні, якія адносяцца да лініі спалучэння альбо да рабра, будзем адзначаць рыскай зверху. Абзначым праз \bar{q}_l, \bar{q}_z кампаненты інтэнсіўнасці сілы ўзаемадзеяння \bar{q} ; будзем лічыць іх дадатнымі пры дзеянні на дыск, калі напрамкі вектараў \bar{q}_l, \bar{q}_z супадаюць



Рыс. 2.1



Рыс. 2.2

з ортамі \vec{e}_l , \vec{e}_z ; пры дзеянні на лапатку дадатныя сілы ўзаемадзеяння накіраваны ў про—цілеглыя бакі. Інтэнсіўнасці радыяльнай \bar{q}_r і акружнай \bar{q}_q сіл вызначаюцца па формулах:

$$\bar{q}_r = \bar{q}_l \cos b + \bar{q}_z \sin b, \quad \bar{q}_q = \bar{q}_l \sin b - \bar{q}_z \cos b. \quad (2.1)$$

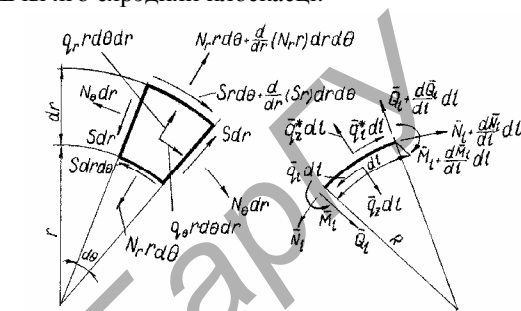
Інтэнсіўнасць поўнай нагрузкі на дыск раўна

$$q_r = q_r^* + \frac{n}{2pr \cos b} \bar{q}_r, \quad q_q = q_q^* + \frac{n}{2pr \cos b} \bar{q}_q, \quad (2.2)$$

дзе q_r^*, q_q^* — цэнтрабежная нагрузка на дыск, прыведзеная да плошчы яго сярэдняй плоскасці.

3. Умовы раўнавагі. Абзначым праз N_r , N_q і S адпаведна радыяльную, акружную і датычную сілы, якія дзейнічаюць на элемент дыска (рыс.3.1), а праз u і u — радыяльнае і акружнае перамяшчэнні пунктаў яго сярэдняй плоскасці. Тады ўраўненні раўнавагі элемента і суадносіны пругкасці прымуць выгляд:

$$\frac{d}{dr}(rN_r) - N_q + rq_r = 0, \quad \frac{d}{dr}(rS) + S + rq_q = 0; \quad (3.1)$$



Рыс.3.1

Рыс.3.2

$$N_r = \left(\frac{du}{dr} + \frac{n}{r}u \right) - N_r^0, \quad N_q = \left(n \frac{du}{dr} + \frac{u}{r} \right) - N_q^0, \quad S = \frac{1-n}{2} D_N \left(\frac{du}{dr} - \frac{u}{r} \right) \quad (3.2)$$

$$N_r^0 = N_q^0 = (1+n)D_N e^0$$

дзе —тэмпатурныя кампаненты ўнутраных сіл у дыску;

$$D_N = \frac{Eh}{1-n^2} \text{ — жорсткасць дыска};$$

$$e^0 = \frac{1}{h} \int_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} a_t dx \text{ — цэлавая дэфармацыя матэрыяла дыска};$$

E, n, a_t —адпаведная гомодульпругкасці, каэфіцыент Пуасона і каэфіцыент лінейнага расшырэння;

h, x — таўшчыня дыска і восевая каардыната, якая адлічваецца ад сярэдняй плоскасці.

Запішам умовы раўнавагі элемента лапаткі (рыс.3.2):

$$\frac{d\bar{N}_l}{dl} + \frac{\bar{Q}_l}{R} + \bar{q}_l^* - \bar{q}_l = 0, \quad \frac{d\bar{M}_l}{dl} - \bar{Q}_l = 0, \quad \frac{d\bar{Q}_l}{dl} - \frac{\bar{N}_l}{R} - \bar{q}_z^* - \bar{q}_z = 0 \quad (3.3)$$

$$\text{Тут } \bar{N}_l = \bar{D}_N \left(\frac{d\bar{x}}{dl} + \frac{\bar{V}}{R} \right) - \bar{N}_l^0, \quad \bar{M}_l = \bar{D}_M \frac{d\bar{u}_l}{dl} - \bar{M}_l^0, \quad \bar{Q}_l = \frac{d\bar{M}_l}{dl} \quad (3.4)$$

У формулах (3.3), (3.4) \bar{q}_l^*, \bar{q}_z^* — зададзеныя нагрузкі на лапатку; $\bar{x}, \bar{V}, \bar{J} = \frac{\bar{x}}{R} - \frac{d\bar{V}}{dl}$ — адпаведна

перамяшчэнні пунктаў лапаткі па напрамках ортаў \vec{e}_l, \vec{e}_z і вугал павароту сячэння лапаткі; $\bar{D}_N = \int_F \bar{E} d\bar{F}$,

$\bar{D}_M = \int_F \bar{E} z^2 d\bar{F}$ — жорсткасці лапаткі на расцяжэнне і згін; $\bar{N}_l^0 = \int_F \bar{E} \bar{a}_t dx d\bar{F}$, $\bar{M}_l^0 = \int_F \bar{E} \bar{a}_t z dx d\bar{F}$ —

тэмпатурныя кампаненты восевых сіл і згінаючых момантаў; \bar{E}, \bar{a}_t — модуль пругкасці і каэфіцыент

лінейнага расшырэння матэрыялу лапаткі; $d\bar{F}$ — дыферэнцыяльны элемент плошчы папярочнага сячэння рабра.

На падставе рысункаў 2.2 і 3.2 устаноўлены залежнасці:

$$\bar{x} = \bar{u} \cos b + \bar{u} \sin b, \quad \bar{V} = \bar{u} \sin b - \bar{u} \cos b; \quad (3.5)$$

$$\bar{N}_r = \bar{N}_l \cos b + \bar{Q}_l \sin b, \quad \bar{S} = \bar{N}_l \sin b - \bar{Q}_l \cos b \quad (3.6)$$

Улічваючы залежнасці (3.6), перойдзем ва ўраўненнях (3.3) да дыферэнцыравання па r і прывядзем ураўненні раўнавагі элемента лапаткі да выгляду:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\bar{N}_r}{dr} - \left[\frac{1}{R \cos b} + \frac{1}{\sin b} \cdot \frac{d}{dr} (\cos b) \right] \bar{S} + \frac{1}{\cos b} (\bar{q}_r^* - \bar{q}_r) &= 0; \\ \frac{d\bar{S}}{dr} + \left[\frac{1}{R \cos b} + \frac{1}{\sin b} \cdot \frac{d}{dr} (\cos b) \right] \bar{N}_r + \frac{1}{\cos b} (\bar{q}_q^* - \bar{q}_q) &= 0; \\ \frac{d\bar{M}_l}{dr} - \frac{1}{\cos b} \bar{Q}_l &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (3.7)$$

4. Асноўныя функцыі і асноўныя дыферэнцыяльныя ўраўненні.

Для апісання напружана—дэфармаванага стану рэбрыстага дыска ў якасці асноўных прымаем наступныя статыка—кінематычныя функцыі: $u, v, \bar{u}_l, \bar{N}_r, \bar{S}, \bar{M}_l$,

$$\text{дзе } \bar{N}_r = N_r + \frac{n}{2pr} \bar{N}_r, \quad \bar{S} = S + \frac{n}{2pr} \bar{S} \quad (4.1)$$

Для вываду асноўнай сістэмы дыферэнцыяльных ураўненняў задачы прадставім умовы раўнавагі (3.1), (3.3) і суадносіны пругкасці (3.2), (3.4) у функцыях (4.1). Папярэдне ўсюды перойдзем да дыферэнцыравання па r ; адпаведную вытворную будзем абазначыць штырыхом зверху ($'$). Асноўныя функцыі (4.1) для зручнасці абазначым адной літарай з рознымі індэксамі:

$$u = y_1, \quad v = y_2, \quad \bar{u}_l = y_3, \quad \bar{N}_r = y_4, \quad \bar{S} = y_5, \quad \bar{M}_l = y_6.$$

Тады асноўная сістэма дыферэнцыяльных ураўненняў прыме выгляд:

$$\left. \begin{aligned} y_1' &= \frac{1}{\Delta} \left(\sum_{i=1}^6 \sum_{k=4}^6 \Delta_{4k} D_{ki} y_i + \sum_{k=4}^6 \Delta_{4k} Q_k^* \right), \\ y_2' &= \frac{1}{\Delta} \left(\sum_{i=1}^6 \sum_{k=4}^6 \Delta_{5k} D_{ki} y_i + \sum_{k=4}^6 \Delta_{5k} Q_k^* \right), \\ y_3' &= \frac{1}{d_{33}} (y_6 + \bar{M}_l^0), \\ y_4' &= \frac{1}{d_{14} \Delta} \left\{ \sum_{i=1}^6 \left[\Delta D_{li} - \sum_{s=1}^3 d'_{1s} \sum_{k=4}^6 \Delta_{(s+3)k} D_{ki} \right] y_i + \Delta Q_1^* - \sum_{k=4}^6 Q_k^* \sum_{s=1}^3 d'_{1s} \Delta_{(s+3)k} \right\}, \\ y_5' &= \frac{1}{d_{25} \Delta} \left\{ \sum_{i=1}^6 \left[\Delta D_{li} - \sum_{s=1}^3 d'_{2s} \sum_{k=4}^6 \Delta_{(s+3)k} D_{ki} \right] y_i + \Delta Q_2^* - \sum_{k=4}^6 Q_k^* \sum_{s=1}^3 d'_{2s} \Delta_{(s+3)k} \right\}, \\ y_6' &= \frac{1}{\Delta} \left(\sum_{i=1}^6 \sum_{k=4}^6 \Delta_{6k} D_{ki} y_i + \sum_{k=4}^6 \Delta_{6k} Q_k^* \right), \end{aligned} \right\} \quad (4.2)$$

дзе $d'_{11} = d_{11}, \quad d'_{12} = d_{12}, \quad d'_{13} = d_{16}.$

Ва ўраўненнях (4.2) уведзены наступныя абазначэнні:

$$\begin{aligned} d_{11} &= -\frac{1}{r} (e_3 e_4 + n D_N), \quad d_{12} = -\frac{1}{r} e_4 q_3, \quad d_{14} = 1, \quad d_{16} = -\frac{1}{r} k_2 e_4, \quad d_{21} = \frac{1}{r} e_1 e_4, \quad d_{22} = \frac{1}{r} \left[\frac{1}{2} (1-n) D_N + e_4 q_1 \right], \quad d_{25} = 1, \\ d_{26} &= \frac{1}{r} k_1 e_4, \quad d_{33} = \cos b \bar{D}_M, \quad d_{41} = D_N + \frac{n}{2pr} e_1, \quad d_{42} = \frac{n}{2pr} q_1, \quad d_{46} = \frac{n}{2pr} k_1, \quad d_{51} = \frac{n}{2pr} e_3, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d_{52} &= \frac{1}{2}(1-n)D_N + \frac{n}{2pr}q_3, \quad d_{56} = \frac{n}{2pr}k_2, \quad d_{61} = -l_1, \quad d_{62} = -l_3, \quad d_{66} = \cos b, \\
d_{13} &= d_{15} = d_{23} = d_{24} = d_{31} = d_{32} = d_{34} = d_{35} = d_{36} = d_{43} = d_{44} = d_{45} = d_{53} = d_{54} = \\
&= d_{55} = d_{63} = d_{64} = d_{65} = 0 \\
D_{11} &= \frac{1}{r}\left(e_4^2 + \frac{1}{r}D_N\right), \quad D_{12} = e_4q_4, \quad D_{14} = -\frac{1}{r}, \quad D_{21} = -e_2e_4, \quad D_{22} = \frac{1}{r}\left[\frac{1}{2}(1-n)\frac{1}{r}D_N - e_4q_2\right], \quad D_{25} = D_{14}, \quad D_{36} = 1, \\
D_{41} &= -\left(\frac{n}{r}D_N + \frac{n}{2pr}e_2\right), \quad D_{42} = -\frac{n}{2pr}q_2, \quad D_{44} = 1, \quad D_{51} = \frac{n}{2pr}e_4, \quad D_{52} = \frac{1}{2}(1-n)\frac{1}{r}D_N - \frac{n}{2pr}q_4, \quad D_{61} = l_2, \\
D_{62} &= -l_4, \quad D_{64} = -l_5, \quad D_{13} = D_{15} = D_{16} = D_{23} = D_{24} = D_{26} = D_{31} = D_{32} = D_{33} = D_{34} = D_{35} = D_{43} = \\
&= D_{45} = D_{46} = D_{53} = D_{54} = D_{56} = D_{63} = D_{65} = D_{66} = 0; \\
e_1 &= \cos^3 b \overline{D}_N, \quad e_2 = \cos b \left[\cos b \frac{d}{dr}(\cos b) + \frac{\sin b}{R} \right] \overline{D}, \quad e_3 = \cos^2 b \sin b \overline{D}_N, \quad e_4 = \sin b \left[\cos b \frac{d}{dr}(\cos b) + \frac{\sin b}{R} \right] \overline{D}_N; \\
k_1 &= \sin b \cos b, \quad k_2 = -\cos^2 b; \quad l_1 = -\frac{1}{\sin b} \left(\frac{2pr}{n} D_N + \cos^3 b \overline{D}_N \right), \\
l_2 &= -\frac{1}{\sin b} \left\{ \frac{2pr}{n} D_N + \cos b \left[\cos b \frac{d}{dr}(\cos b) + \frac{\sin b}{R} \right] \overline{D}_N \right\}, \\
l_3 &= -\cos^2 b \overline{D}_N, \quad l_4 = -\frac{\cos^2 b}{\sin b} \left[\frac{d}{dr}(\sin b) - \frac{1}{R} \right] \overline{D}_N, \quad l_5 = \frac{2pr}{n \sin b}; \quad q_1 = \sin b \cos^2 b \overline{D}_N, \\
q_2 &= \cos^2 b \left[\frac{d}{dr}(\sin b) - \frac{1}{R} \right] \overline{D}_N, \quad q_3 = \sin^3 b \cos b \overline{D}_N, \quad q_4 = \sin b \cos b \left[\frac{d}{dr}(\sin b) - \frac{1}{R} \right] \overline{D}_N; \\
Q_1^* &= -\frac{1}{r} \left(e_4 \sin b \overline{N}_l^0 + N_q^0 \right) - \left(q_r^* + \frac{n}{2pr \cos b} \overline{q}_r^* \right), \quad Q_2^* = -\frac{1}{r} e_4 \cos b \overline{N}_l^0 - \left(q_q^* + \frac{n}{2pr \cos b} \overline{q}_q^* \right), \quad Q_3^* = \overline{M}_l^0, \\
Q_4^* &= \overline{N}_r^0 + \frac{n}{2pr} \overline{N}_l^0 \cos b, \quad Q_5^* = \frac{n \sin b}{2pr} \overline{N}_l^0, \quad Q_6^* = \frac{1}{\sin b} \left(\frac{2pr}{n} N_r^0 + \cos b \overline{N}_l^0 \right); \quad \Delta_{44} = d_{52}d_{66} - d_{56}d_{62}, \\
\Delta_{45} &= d_{46}d_{62} - d_{42}d_{66}, \quad \Delta_{46} = d_{42}d_{56} - d_{46}d_{52}, \quad \Delta_{54} = d_{56}d_{61} - d_{51}d_{66}, \quad \Delta_{55} = d_{41}d_{66} - d_{46}d_{61}, \quad \Delta_{56} = d_{46}d_{51} - d_{41}d_{56}, \\
\Delta_{64} &= d_{51}d_{62} - d_{52}d_{61}, \quad \Delta_{65} = d_{42}d_{61} - d_{41}d_{62}, \quad \Delta_{66} = d_{41}d_{52} - d_{42}d_{51}; \\
\Delta &= d_{41}(d_{52}d_{66} - d_{56}d_{62}) + d_{42}(d_{56}d_{61} - d_{51}d_{66}) + d_{46}(d_{51}d_{62} - d_{52}d_{61}).
\end{aligned}$$

Як бачым, напружана-дэфармаваны стан рэбрыстага дыска апісваецца сістэмай асноўных ураўненняў(4.2) шостага парадку. У прыватным выпадку, калі дыск падмацаваны тонкімі рэбрамі, якія практычна не аказваюць супраціўлення дэфармацыі выгіну, яго напружана-дэфармаваны стан будзе апісвацца з дапамогай чатырох асноўных функцый u , v , \tilde{N}_r , \tilde{S} ; пры гэтым парадак сістэмы (4.2) панізіцца – ў яго не ўвойдуць трэцяе і шостае ўраўненні. Такія ж ураўненні атрымаем і пры радыяльным размяшчэнні лапатак. Дакладнасць вынікаў, якія можна атрымаць на падставе сістэмы (4.2), абумоўлена суадносінай геаметрычных характарыстык дыска і рэбраў, а таксама колькасцю апошніх. Для рэальных аб'ектаў можна чакаць здавальняючых рэзультатаў пры $n \geq 10$.

Атрымаўшы з рашэння сістэмы (4.2) асноўныя функцыі $y_i (i = \overline{1,6})$ і іх вытворныя y'_i , знаходзім унутраныя сілы ў дыску і рэбрах. Для гэтага выкарыстоўваем формулы (3.2), (3.4), (3.6). Прыводзім канчатковыя выражэнні сіл:

$$\begin{aligned}
N_r &= D_N \left[\frac{1}{\Delta} \left(\sum_{i=1}^6 \sum_{k=4}^6 \Delta_{4k} D_{ki} y_i + \sum_{k=4}^6 \Delta_{5k} Q_k^* \right) + \frac{n}{r} y_1 \right] - N_r^0; \\
N_q &= D_N \left[\frac{n}{\Delta} \left(\sum_{i=1}^6 \sum_{k=4}^6 \Delta_{4k} D_{ki} y_i + \sum_{k=4}^6 \Delta_{5k} Q_k^* \right) + \frac{1}{r} y_1 \right] - N_q^0; \\
S &= \frac{1}{2}(1-n)D_N \left[\frac{1}{\Delta} \left(\sum_{i=1}^6 \sum_{k=4}^6 \Delta_{5k} D_{ki} y_i + \sum_{k=4}^6 \Delta_{5k} Q_k^* \right) - \frac{1}{r} y_2 \right]; \\
\tilde{N}_l &= \frac{2pr}{n} [(\tilde{N}_r - N_r) \cos b + (\tilde{S} - S) \sin b]; \\
\tilde{Q}_l &= \frac{2pr}{n} [(\tilde{N}_r - N_r) \sin b - (\tilde{S} - S) \cos b].
\end{aligned}$$

5. Крайвыя ўмовы. Даследаванне напружана—дэфармаванага стану рэбрыстага дыска звязана да так званай крайвой задачы тэорыі дыферэнцыяльных ураўненняў. Для яе поўнага апісання неабходна ўраўненні (4.2) дапоўніць умовамі на краях дыска $r = r_i$ ($i = 1, 2$). Дзякуючы ўдаламу выбару асноўных функцый (4.1), фармулёўка крайвых умоў не выклікае цяжкасцей. Разгледзім прыватныя выпадкі.

1. Край дыска $r = r_i$ нагужаны размеркаванымі радыяльнай q_{ri} і датычнай q_{si} нагужкамі. Крайвыя ўмовы маюць выгляд:

$$\tilde{N}_r = q_{ri}, \quad \tilde{S} = q_{si}, \quad \overline{M}_l = 0.$$

2. Край дыска $r = r_i$ жорстка замацаваны. Для яго маем: $u = 0$, $u = 0$, $\overline{J} = 0$.

6. Заключэнне. Паколькі ўраўненні (4.2) утрымліваюць пераменныя каэфіцыенты складанай структуры, то для іх інтэгравання мэтазгодна выкарыстаць адзін з лікавых метадаў, напрыклад, метад Рунге—Куты ў спалучэнні з дыскрэтным ортанармаваннем, які шырока прымяняецца ў механіцы тонкасценных канструкцый [6].

Список источников

1. Амиро И.Я., Заруцкий В.А. Теория ребристых оболочек. – Киев: Науковая думка, 1980. – 368 с.
2. Андрианов И.В., Лесничая В.А., Маневич Л.И. Метод усреднения в статике и динамике ребристых оболочек. М.: Наука, 1985. – 221 с.
3. Биргер И.А. Приближенный расчет на прочность рабочих колес центробежных турбомашин с двухсторонним входом. Сб. “Прочность и динамика авиационных двигателей”, вып.1, 1964.
4. Волков Н.И. К расчету напряженного и деформированного состояния вращающихся дисков с криволинейными ребрами жесткости. Сб. “Динамика и прочность машин”, вып.35, 1982.
5. Григоренко Я.М., Митлин Б.И., Раер Г.А., Судовцова Г.К. Исследование напряженности покрывающих дисков рабочих колес центробежных компрессоров с учетом дискретного размещения лопаток. – Прикл.механика, 1978, 14, №1.
6. Григоренко Я.М. Изотропные и анизотропные слоистые оболочки вращения переменной жесткости. Киев: “Науковая думка”, 1973. – 228 с.
7. Ильин Л.А. Дифференциальные уравнения задачи о напряженном состоянии круглых дисков с криволинейными ребрами при силовых и температурных воздействиях. Сб. “Тепловые напряжения в элементах конструкций”, вып.4, 1964.
8. Раер Г.А. Динамика и прочность центробежных компрессорных машин. Л.: “Машиностроение”, 1968. – 258 с.
9. Русан С.І., Радомскі А.В. Цыклічна—сіметрычнае расцяжэнне дыска з двухбаковымі лапаткамі. Тэзісы дакладаў міжнароднай навукова—тэхнічнай канф. “Матэрыялы, абсталяванне і рэсурсазберагальныя тэхналогіі.” Маргілеў,

ПРОБЛЕМА СТАБИЛИЗАЦИИ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Семенчукова О.А.

Проблемы синтеза обратных связей, которые обеспечивают устойчивость, оптимальность и другие свойства переходных процессов, являются центральными в математической теории управления.

При конструировании систем управления проблема стабилизации является первой, так как устойчивое поведение – важнейшее свойство систем. Она возникает всякий раз, когда создаются новые машины, движущиеся объекты, технологические процессы. Стабилизация динамических систем изучается с момента возникновения теории регулирования. Естественной основой при исследовании проблемы стабилизации является теория устойчивости. Теория устойчивости и теория стабилизации принципиально отличаются по характеру задач (первая анализирует переходные процессы, вторая – их синтезирует), однако инженеры и ученые, анализируя методами теории устойчивости системы с различными обратными связями, успешно создавали многочисленные эффективные стабилизаторы. Наибольшее развитие в классическую эпоху автоматического регулирования получила теория линейной стабилизации. В этом случае проблема состоит в следующем: дана собственно неустойчивая динамическая система с управлением

$$\dot{x} = Ax + bu \quad (x, b \in R^n, \quad A \in R^{n \times n}, \quad u \in R);$$

требуется найти линейную обратную связь $u = k'x$ так, чтобы нулевое решение уравнения было устойчивым

$$\dot{x} = (A + bk')x$$

Существует много способов построения вектора усиления $k \in R^n$,

Второе требование, предъявляемое к системам управления - инвариантность (независимость) поведения системы по отношению к внешним возмущениям. Проблема инвариантности изучалась в рамках теории инвариантности.

Проблему устойчивости целесообразно рассматривать вместе с проблемой инвариантности. Системы, которые являются устойчивыми в отсутствие возмущений и инвариантными при действии возмущений, будем