

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

ВІСНИК

**Східноукраїнського
національного університету
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

**№ 13 (167)
2011**

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

Луганськ 2011

ВІСНИК

СХІДНОУКРАЇНСЬКОГО
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

№ 13(167) 2011

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ
ЗАСНОВАНО У 1996 РОЦІ
ВИХІД З ДРУКУ - ВІСІМНАДЦЯТЬ
РАЗІВ НА РІК

Засновник
Східноукраїнський національний
університет імені Володимира Даля

VISNIK

OF THE VOLODYMYR DAHL EAST
UKRAINIAN NATIONAL UNIVERSITY

№ 13 (167) 2011

THE SCIENTIFIC JOURNAL
WAS FOUNDED IN 1996
IT IS ISSUED EIGHTEEN TIMES
A YEAR

Founder
of the Volodymyr Dal East Ukrainian
National University

Журнал зареєстровано
в Міністерстві юстиції України

Свідоцтво про державну реєстрацію
серія КВ № 15607-4079ПР
від 18.08.2009 р.

Registered by the Ministry
of Yustice of Ukraine

Registration Certificate
KB № 15607-4079ПР
dated 18.08.2009

Журнал включено до Переліків наукових видань ВАК України (Бюл. ВАК №3 2010 р.), (Бюл. ВАК №5 2010 р.), (Бюл. ВАК №3 2010 р.), (Бюл. ВАК №11 2010 р.) в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук з *технічних, економічних, історичних і хімічних наук* відповідно.

ISSN 1998-7927

Головна редакційна колегія: Голубенко О.Л., член-кор. Національної академії педагогічних наук, докт. техн. наук (головний редактор), Осенін Ю.І., докт. техн. наук (заступник головного редактора), Смирний М.Ф., докт. техн. наук (заступник головного редактора), Арлінський Ю.М., докт. фіз-мат. наук, Бер Р., докт. техн. наук., професор університету ім. Отто фон Гюріке, Магдебург, Німеччина, Будков Л.Я., докт. техн. наук., Бузько І.Р., докт. екон. наук, Гадушова З., професор, декан факультету мистецтв університету Філософа Костянтина в Нитрі, Словачія, Галстян Г.А. докт. хім. наук, Голубничий П.І., докт. фіз-мат. наук, Гончаров В.М., докт. екон. наук, Грібанов В.М., докт. техн. наук, Довжук І.В., докт. іст. наук, Житна І.П., докт. екон. наук, Іджер М., докт. техн. наук., професор Познанського технічного університету, Польща, Красовські Е., професор університету природничих наук в Любліні, редактор наукового видання Текі і MOTROLU, Козаченко Г.В., докт. екон. наук, Кондратов С.О., докт. хім. наук, Кудюков Ю.П., докт. хім. наук, Куліков Ю.А., докт. техн. наук, Лазор Л.І., докт. юр. наук, Литвиненко В.Ф., докт. істор. наук, Максимов В.В., докт. екон. наук, Михайлюк В.П., докт. іст. наук, Нагорний Б.Г., докт. соціол. наук, Носко П.Л., докт. техн. наук, Петров О.С., докт. техн. наук, Рач В.А., докт. техн. наук, Рей Р.І., докт. техн. наук, Суханцева В.К., докт. філос. наук, Третьяченко В.В., докт. психол. наук, Тюпало М.Ф., докт. хім. наук, Ульшин В.О., докт. техн. наук, Чапка М., докт. екон. наук, професор, іноземний член-кор. Національної академії педагогічних наук України, Польща, Шевченко Г.П., член-кор. Національної академії педагогічних наук України, докт. пед. наук., Хорошко В.О., докт. техн. наук.

Відповідальний за випуск: Подижаєв В.Ф.

Рекомендовано до друку Вченою радою Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (Протокол № 11 від 24 червня 2011 р.)

Матеріали номера друкуються мовою оригіналу.

© Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, 2011
© of the Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 2011

З М І С Т

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

Абрамов Є.Ю., Деркач Г.В. МЕТОД ЗАСТОСУВАННЯ ОНТОЛОГІЇ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ МАСОВО-ІНЕРЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СКЛАДНОГО ТЕХНІЧНОГО ОБ'ЄКТУ	7
Аноприенко А.Я., Коноплева А.П. УПРАВЛЯЕМЫЕ И НЕУПРАВЛЯЕМЫЕ ПОСТБИНАРНЫЕ КЛЕТОЧНЫЕ АВТОМАТЫ	14
Беседа А.А., Кириченко В.Е. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ РАВНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОСЕВНОГО МАТЕРИАЛА	19
Волосюк О. В., Гусева О. В., Тихонов Ю.Л. ОБЪЕДИНЕНИЕ ОНТОГРАФОВ	23
Витвицкий Р.П., Сквирский В.Д. РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ СЕТЕВОГО ТЕСТИРОВАНИЯ	28
Войтиков В.А. АЛГОРИТМЫ НАПОЛНЕНИЯ КОГНИТИВНО-СЕМАНТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ	34
Дьомін М.К., Кустуров А.Г. РОЗРОБКА ІНСТРУМЕНТІВ МОНІТОРИНГУ ІНФОРМАЦІЙНО-УПРАВЛІНСЬКИХ АРХІТЕКТУР З ВИКОРИСТАННЯМ MYSQL	40
Григоренко М.С. СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ПРОГРАМНО-АПАРАТНОМУ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ МЕТЕОСТАНЦІЙ УКРАЇНИ	45
Григорович А.Г., Григорович В.Г. АЛГОРИТМИ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПРАЦЮВАННЯ НЕНОРМАЛІЗОВАНИХ ВІДНОШЕНЬ У СХОВИЩАХ ДАНИХ	50
Заболотня Т.М., Заболотня Н.М., Сапсай Т.Г. ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ПІДТРИМКИ ДІЯЛЬНОСТІ АДМІНІСТРАЦІЇ ДИТЯЧОЇ МУЗИЧНОЇ ШКОЛИ	56
Зам'ятін Д. С., Михайлюк А. Ю., Михайлюк В. А., Петрашенко А. В. СФОКУСОВАНИЙ КРАУЛІНГ ЯК ЗАСІБ ЗНИЖЕННЯ РЕСУРСОЄМНОСТІ ПОШУКУ У WEB	61
Зинченко В.П., Борисов В.В., Мирошниченко И.В. АЛГОРИТМ ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ САМОЛЕТОВ	70
Карчевский В.П. ДИВЕРСИФИКАЦИЯ СХЕМНЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ	75
Кебкало О.С., Михайлюк А.Ю., Тарасенко В.П. ПОШУКОВА СИСТЕМА ДЛЯ ЕЛЕКТРОННИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ РЕСУРСІВ ВИЩОГО НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ	78
Козуб Ю.Г., Козуб Г.А., Жукова В.Н. ЦИКЛИЧЕСКОЕ ДЕФОРМИРОВАНИЕ И ДИССИПАТИВНЫЙ РАЗОГРЕВ ВЯЗКОУПРУГИХ КОМПОЗИТНЫХ ТОРОИДАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ	85
Лаврик В.В. АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЁТОВ НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ЭЛАСТОМЕРОВ	92

Кебкало Олексій Сергійович, науковий співробітник кафедри спеціалізованих комп'ютерних систем Національного технічного університету України «КПІ»;

Михайлюк Антон Юрійович, к.т.н., завідувач науково-дослідної лабораторії Київського університету імені Б.Д. Грінченка;

Тарасенко Володимир Петрович, д.т.н., завідувач кафедру спеціалізованих комп'ютерних систем Національного технічного університету України «КПІ».

Рецензент **Зайцев В.Г.** д.т.н., проф.

Стаття подана 14.04.2011

УДК 539.3

Козуб Ю.Г., Козуб Г.А., Жукова В.Н.

ЦИКЛИЧЕСКОЕ ДЕФОРМИРОВАНИЕ И ДИССИПАТИВНЫЙ РАЗОГРЕВ ВЯЗКОУПРУГИХ КОМПОЗИТНЫХ ТОРОИДАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Предлагается методика решения термовязкоупругого деформирования анизотропных слоистых конструкций в условиях циклического нагружения на основе метода конечных элементов.

Ключевые слова: метод конечных элементов, напряженно-деформированное состояние, термовязкоупругость.

Проблема создания пневматических шин с высокими технико-экономическими показателями требует изучения их прочности уже на этапе проектирования. Высокая стоимость испытаний, их длительность, несовершенство экспериментального оборудования обуславливают необходимость создания новых и совершенствования существующих методик оценки работоспособности в реальных условиях эксплуатации.

При проектировании новых перспективных моделей важное место занимает исследование напряженно-деформированного состояния (НДС) шин, подверженных локальным эксплуатационным нагрузкам. Решение таких задач не может осуществляться без ясного представления о характере распределения усилий в нитях корда и об особенностях деформирования наиболее ответственных элементов шины при термосиловых воздействиях. Как правило, в реальных условиях эксплуатации композитные элементы конструкций находятся в сложном трехмерном напряженно-деформированном состоянии. Особенности поведения композитов при разных видах нагрузки позволяют им сохранять свои технологические свойства. При проектировании таких конструкций необходимо учитывать количество и особенности физико-механических свойств композитных слоев, а также условия нагрузки. Возникает необходимость построения моделей композиционных материалов, которые позволили описать локальную структуру процессов, происходящих в таких средах под действием связанных полей.

Усталостные разрушения резин и композитов, являются основной причиной, ограничивающей срок службы шин и других резинотехнических изделий, работающих в условиях многократных циклических нагрузок. Особенно это касается крупногабаритных шин. Для таких шин прогноз их срока службы по износостойкости протектора является неактуальным.

При изготовлении шины также возможно появление внутренних дефектов, увеличивающихся в процессе эксплуатации, что в результате служит причиной ее внезапного разрушения. Тепло при работе шины выделяется в результате внутреннего трения в материале шины, трения между частицами воздуха в камере, а также трения в контакте с дорогой. Процессы тепловыделения при работе автомобильной шины исследовались в работах [1-6]. Основным недостатком существующих моделей является использование упрощающих гипотез о напряженно-деформированном состоянии шины. Определение свойств композиционных материалов с разными схемами армирования требует достаточ-

но большого объема дорогих экспериментальных исследований, потому оценка напряженно-деформированного состояния слоистых конструкций представляет собой сложную задачу механики деформированного твердого тела

Температура окружающего воздуха и дороги, их тепловые характеристики, тип дорожного покрытия и влажность опорной поверхности, то есть условия эксплуатации влияют на процессы тепловыделения и теплообмена в шинах. Но эти факторы составляют случайный внешний фон, который в равной мере определяет термонапряженное состояние шин любой конструкции и их различного технического состояния, а потому в данной работе не учитываются.

Следует отметить, что крупногабаритные шины подвержены значительным механическим повреждениям, это приводит к тепловым отслоениям из-за появления разрушений в подканавочной части протектора. Локальное повреждение беговой части протектора вызывает образование дефекта в подканавочном слое плечевой зоны, что ведет к процессу отслоения. В результате трения по месту дефекта, развивается еще более высокая температура, которая приводит к термомеханической деструкции резины и отслоениям.

Значительную роль в динамике тепловых процессов шины имеют ее эксплуатационные параметры: внутреннее давление, вертикальная нагрузка, скорость. Например, по мере нагрева шины в процессе движения давление воздуха в ней повышается, а сопротивление качению уменьшается.

Определяющее влияние на количество выделяемой, рассеиваемой и, в небольшой степени, поглощаемой тепловой энергии оказывает конструкция шины. Так, сопротивление движению колеса и, соответственно, выделение тепла возрастает с увеличением толщины протектора шины [4]. На твердых гладких покрытиях дорог шестислойные шины преобразуют в тепло и рассеивают примерно на 5% механической энергии больше, чем трехслойные [4]. В местах профиля шины, где больше массив резины и больше деформации, тепловыделение увеличивается [6].

Анизотропия деформативных свойств, низкая сдвиговая жесткость, неоднородность и другие специфические факторы значительно усложняют расчет многослойных перекрестно армированных оболочек. Исследование эффекта анизотропии сопряжено с большими трудностями даже в задачах осесимметричной деформации перекрестно армированных оболочек.

Учитывая сложность связанной термовязкоупругой модели работы шины, наиболее корректным способом ее решения представляется метод последовательных приближений, основанный на методе конечных элементов (МКЭ).

Исходя из закона сохранения энергии, вариационное уравнение термоупругости Био как обобщение вариационного принципа Лагранжа имеет вид:

$$\iiint_{V_i} \delta F dx^1 dx^2 dx^3 - \iiint_{V_i} \bar{P} \delta \bar{u} dx^1 dx^2 dx^3 - \iint_{S_i} \bar{q} \delta \bar{u} ds = 0, \quad (1)$$

где вариация свободной энергии вычисляется по формуле

$$\delta F = \delta W - \sigma_{(T)}^{ij} \delta \varepsilon_{ij}, \quad (2)$$

здесь $\delta W = \sigma^{ij} \delta \varepsilon_{ij}$ – вариация упругой энергии деформации,

$\sigma_{(T)}^{ij}$ – температурные напряжения.

Решение задачи термоупругости требует определения температурного поля в теле, для чего необходимо решить задачу теплопроводности. Уравнение нестационарной теплопроводности для анизотропного тела можно представить в виде:

$$\iiint_{V_1} \rho c T_j T dv dt = \iiint_{V_1} \lambda^{ij} T_{,j} T_{,i} dv dt + \iiint_{V_1} w_0 T dv dt + \iint_{S_1} [q + h(T - \theta)] T ds dt, \quad (3)$$

где ρ – удельный вес; c – теплоемкость; λ^{ij} – тензор теплопроводности; w_0 – мощность внутренних источников тепла, обусловленных вязкоупругими свойствами материала; q – интенсивность тепловых потоков; h – коэффициент теплопередачи; θ – температура окружающей среды.

Компоненты тензора напряжений определяются по уравнению термоупругости Дюамеля–Неймана, который представляет собой закон Гука, обобщенный на случай тепловых нагрузок:

$$\sigma^{ij} = C^{ijkl} \varepsilon_{kl} - \beta^{ij} (T - \theta), \quad (4)$$

где β^{ij} – тензор изотермических упругих констант, которые определяют взаимное влияние температурного поля и поля деформаций.

Применяя конечно-разностную дискретизацию по координатам и времени уравнение (3) можно привести к системе алгебраических уравнений. Функцию температуры можно представить в виде

$$T(x, t) = f(x)g(t). \quad (5)$$

Для конечного элемента, моделирующего поведение слоистого элемента конструкции, функция координат может быть представлена в виде:

$$f(x) = \sum_{l=1}^8 \varphi_{(l)}(x^1, x^2, x^3) T_{(l)}. \quad (6)$$

где

$$\varphi_{(l)}(x^1, x^2, x^3) = \frac{1}{8} (1+x_{(l)}^1 x^1) (1+x_{(l)}^2 x^2) \left(1-x_{(l)}^3 + 2x_{(l)}^3 \left(\sum_{i=1}^{k-1} \frac{h_i - h_{i-1}}{\lambda_{33}} + \frac{x^3 - h_{k-1}}{\lambda_{33}} \lambda \left(\sum_{i=1}^n \frac{h_i - h_{i-1}}{\lambda_{33}} \right)^{-1} \right) \right) \quad (7)$$

где h_i – толщина i -го слоя.

Функция времени $g(t)$ принимается линейной.

Применяя конечно-разностную аппроксимацию частной производной по времени, с использованием схемы Кранка–Николсона, получаем матричное уравнение:

$$\left[H \right] + \frac{1}{\Delta t} [G] \{ T_{n+1} \} = \frac{1}{\Delta t} [G] \frac{1}{\Delta t} \{ T_n \} - \{ R_n \}, \quad (8)$$

где H , G – матрицы теплопроводности и теплоемкости, Δt – шаг по времени, T , R – векторы узловых температур и тепловых нагрузок.

Для определения мощности внутренних источников теплообразования необходимо определить величину рассеянной энергии за цикл нагружения. В общем случае удельная величина рассеянной энергии равна сумме потерь энергии в армирующем волокне и связующем с учетом их объемного содержания

$$\Delta W = \mu \Delta W_c + (1 - \mu) \Delta W_r, \quad (9)$$

где μ – объемное содержание армирующего материала.

Использование простейших гипотез об однородности поля перемещений в направлении армирования и однородности поля обобщенных сил для сдвиговых напряжений и напряжений, нормальных к волокнам, позволяет вычислять мощность внутренних источников теплообразования как осредненную величину для k -го слоя, равную диссипированной энергии:

$$w_0^{(k)} = \Delta W^{(k)} = [\sigma^{(k)}]^T [\Psi_{(k)}^O] [\varepsilon^{(k)}], \quad (10)$$

где $[\sigma^{(k)}]$, $[\varepsilon^{(k)}]$ – тензор напряжений, $[\Psi_{(k)}^O]$ – тензор упругодиссипативных характеристик композита в системе координат армирования слоя.

При построении конечно-элементной модели пневматической шины учитываются ее основные конструктивные особенности. Каркас крупногабаритной шины составляет ее силовую основу и выполняется из нескольких десятков пар перекрестно армированных резинордных слоев. Исходным материалом для корда служат вязкоэластичные и полиамидные волокна, модуль упругости которых принимается равным 1,5 ГПа (рис. 2). Угол армирования меняется от точки к точке по меридиану, достигая на экваторе 45–65°, в зависимости от типа и назначения шины. Для крупногабаритных шин типа 40.00-57 угол армирования принят равным 53° [8].

Брекер, расположенный в беговой части шины, изготавливают из разреженных резинордных слоев, собранных в пакете перекрестным образом. Под слоями брекера и не-

редко над ним прокладывают однородные прослойки из мягкой эластичной резины. Основное назначение брекера состоит в предохранении каркаса от механических повреждений, снижении нагрузок, передаваемых от дороги на каркаса через брекер, улучшении связи между каркасом и протектором. Частота армирования каркаса составляет 9 см^{-1} , а для брекера 7 см^{-1} .

Предполагается, что поле перемещений и температур является сплошным и между слоями выполняются условия идеального теплового контакта. Для моделирования термоупругого поведения слоистой конструкции используется субпараметрический конечный элемент [9, 10] на базе вычислительного комплекса «MIRELA+» [11].

На рис. 2-10 приведены результаты решения задачи термоупругого деформирования шины типа 40.00-57 с учетом диссипативного разогрева. Максимальный прогиб нагруженной шины при обжатии на плоскость принимается равным $0,1 \text{ м}$. Давление воздуха внутри шины составляет $0,6 \text{ МПа}$. Скорость движения составляет 25 км/ч . Наиболее высокая температура разогрева шины наблюдается вблизи кромок брекера и составляет 123°C .

Исследованные закономерности термомеханического поведения слоистых тороидальных конструкций (рис. 11-14) показали, что в случае постоянного режима качения шины интенсивность теплообразования определяется исключительно режимом нагрузки и гистерезисными свойствами материалов шины и практически не зависит от случайных факторов внешнего действия. Установленные зависимости позволяют провести оценку работоспособности конструкции шины и диагностировать ее техническое состояние. В этом случае можно считать теплообразование и температуру показателями, которые характеризуют работоспособность шины и дают возможность оценить ее ресурс.

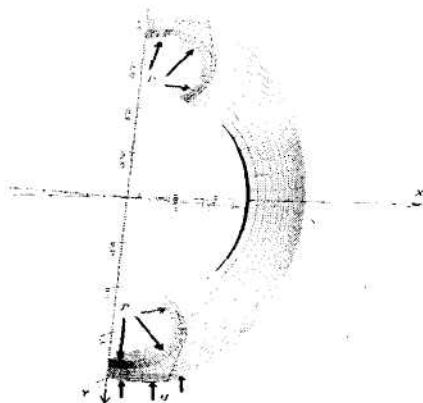


Рис. 1. Расчетная схема трехмерной тороидальной конструкции (шины под внутренним давлением и осевой нагрузкой).

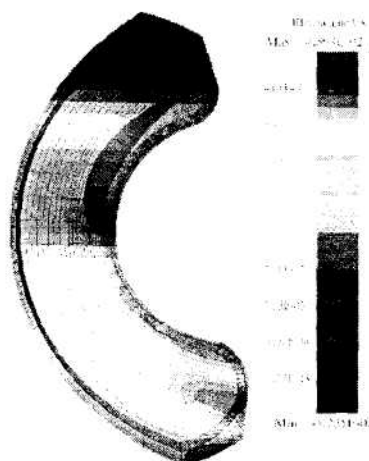


Рис. 2. Распределение перемещений u_x .

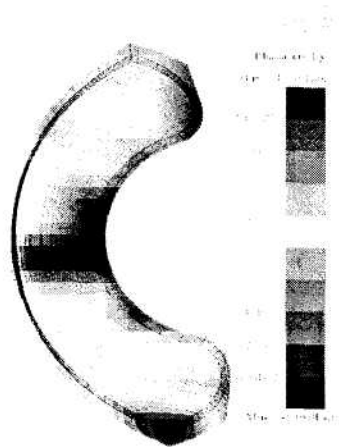


Рис. 3. Распределение перемещений u_2 .



Рис. 4. Распределение перемещений u_3 .

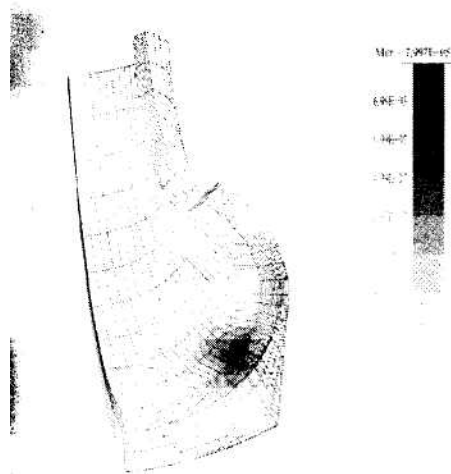


Рис. 5. Распределение напряжений σ_{12} .

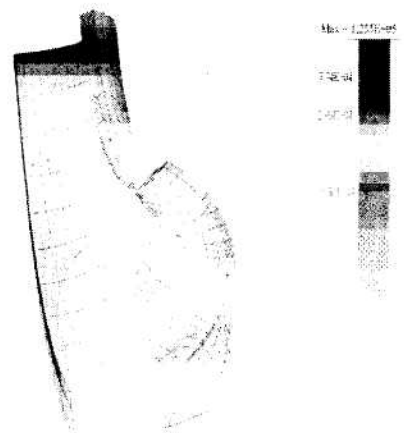


Рис. 6. Распределение напряжений σ_{13} .



Рис. 7. Распределение напряжений σ_{22} .

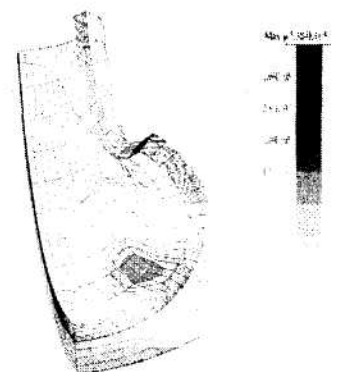


Рис. 8. Распределение напряжений σ_{23} .

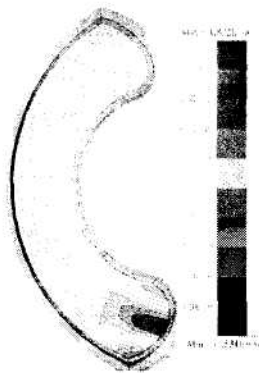


Рис. 9. Распределение напряжений σ_{33} .

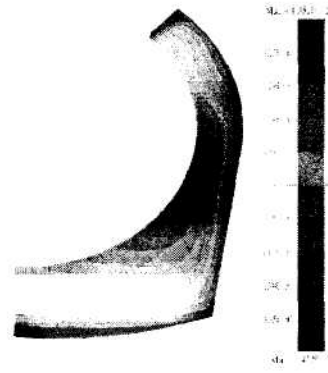


Рис. 10. Распределение температур.

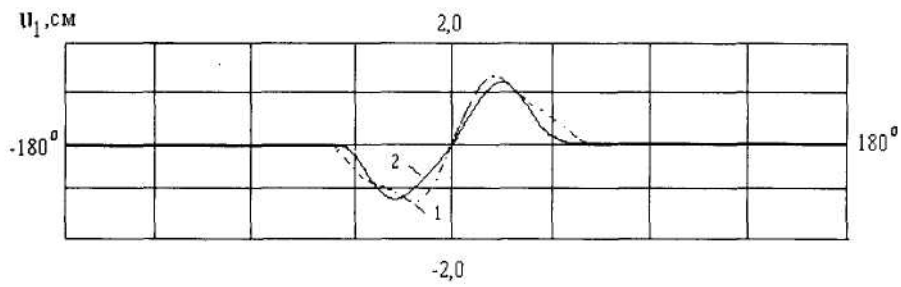


Рис. 11. Перемещения срединной поверхности каркаса в окружном направлении по стенке: 1 – результаты [8], 2 – МКЭ решение.

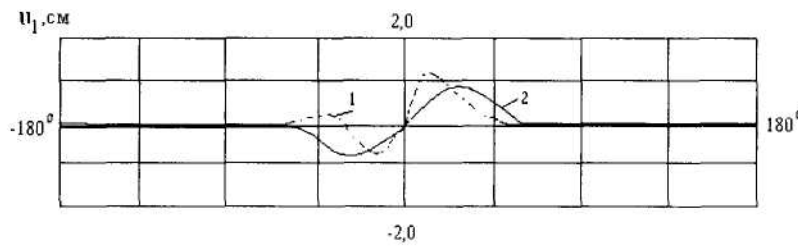


Рис. 12. Перемещения срединной поверхности каркаса в окружном направлении по короне: 1 – результаты [8], 2 – МКЭ решение.

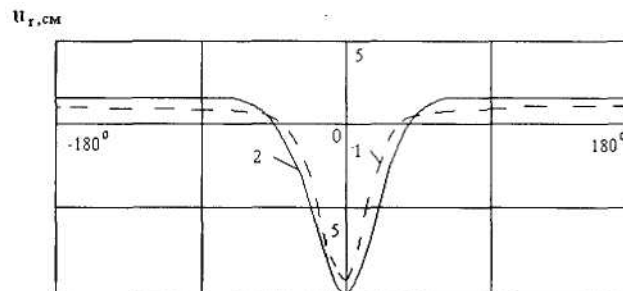


Рис. 13. Перемещения срединной поверхности каркаса в радиальном направлении по короне: 1 – результаты [8], 2 – МКЭ решение.

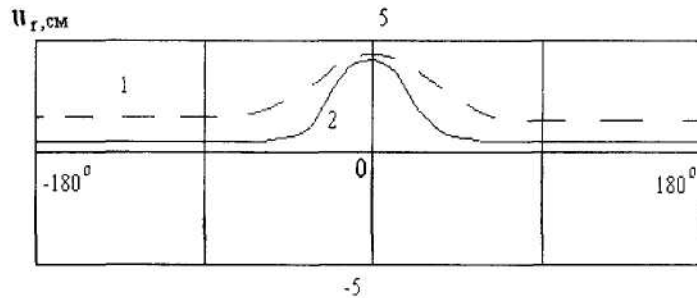


Рис. 14. Перемещения срединной поверхности каркаса в радиальном направлении по стенке: 1 – результаты [8], 2 – МКЭ решение.

Л и т е р а т у р а

- Хромов М. К. О влиянии теплового состояния шин на их работоспособность / М. К. Хромов, Э. В. Бруев, Э. И. Грачева // Каучук и резина. – 1971. – № 6. – С. 39 – 42.
- 2 Ларин А. Н. Применение метода конечного элемента для расчета теплового состояния шины / А. Н. Ларин, С. М. Школьный // Вестник Харьковского государственного политехнического университета: Сб. научн. тр. – Вып. 104. – Харьков: ХГПУ, 2000. – С. 11 – 14.
- Гуслицер Р. Л. Зависимость теплового состояния шин для автомобиля ВАЗ 2101 от режима качения / Р. Л. Гуслицер, В. С. Силецкий, Т. Г. Мороз // Каучук и резина. – 1971. – № 4. – С. 41 – 43.
- Третьяков О. Б. Трение и износ шин / О. Б. Третьяков, В. А. Гудков, В. Н. Тарновский. – М.: Химин, 1992. – С. 176.
- Перегон В. А. Температурное поле боковины шины в области дефекта на ее поверхности / В. А. Перегон, В. П. Ольшанский, А. Н. Ларин // Автомобильный транспорт: Сб. научн. тр. – Вып. 4. – Харьков: ХГАДТУ, 2000. – С. 17 – 19.
- Крайндраль П. Зависимость между теплообразованием в грузовых шинах 11.00 – 20 и динамическими свойствами резины / П. Крайндраль // Kautschuk und Gummi. – 1966. – № 1. – С. 21 – 36.
- Григолюк Э. И. К теории упругих слоистых анизотропных оболочек / Э. И. Григолюк, М. Куликов // Доклады АН СССР, 1984. – 275, № 5. – С. 1077 – 1079.
- Скорняков Э. С. Теория моделирования сверхкрупногабаритных шин / Э. С. Скорняков – Днепропетровск, ДГУ. – 1992. – 32 с.
- Козуб Г. А. Температурные поля в шинах / Г. А. Козуб // Геотехническая механика. – 2008. – Вып. 75. – С. 102 – 108.
- Козуб Г. А. Температурные поля диссипативного разогрева многослойных конструкций / Г. А. Козуб, В. А. Толоч // Вісник Східноукраїнського університету імені В. Даля. – 2008. – № 12(130), ч. 2. – С. 43 – 49.
- Метод конечных элементов в вычислительном комплексе «МИРЕЛА+» / В. В. Киричевский, М. Дохняк, Ю. Г. Козуб и др.; под общ. ред. В. В. Киричевского. – К.: Наук. думка, 2005. – 105 с.

Козуб Ю. Г., Козуб Г. О., Жукова В. М. Циклічне деформування та дисипативний розігрів еластичних композитних тороїдальних конструкцій.

Предпропоновано методика рішення термов'язкопружного деформування анізотропних шаруватих конструкцій в умовах циклічного навантаження методом скінчених елементів. Дж. 11.

Ключові слова: метод скінчених елементів, напружено-деформівний стан, термоеластичність.

Kozub Yu. G., Kozub G. A., Zhukova V. N. A cyclic deformation and dissipative warming of elastic composit toroidal constructions.

Technique of the decision of thermoviscoelastic deformation of anisotropic layered designs in conditions of cyclic loading on the basis of a method of final elements is offered. Ref. 11.

Key words: a method of the final elements, the is intense-deformed condition, thermoelasticity.

Козуб Юрій Гордійович, к.т.н., доцент кафедри інженерно-педагогічних дисциплін ЛНУ імені Василя Стуса

Козуб Галина Олександрівна, к.т.н., доцент кафедри інформаційних технологій та систем управління Шевченка

УДК 681.5.001.63: 519.711

Лаврик В.В.

АВТОМАТИЗАЦІЯ РАСЧЁТОВ НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ЭЛАСТОМЕРОВ

В данной статье рассматривается математическая модель процесса расчёта конструкций, находящихся в напряжённо-деформированном состоянии, для нового модуля системы FORTU. Производится анализ разностных схем вариационных методов конечных элементов, в основе которых положен классический метод КЭ и метод моментных схем.

Ключевые слова: модель, состояние, эластомер, напряжение, деформация, схема.

Постановка проблемы. Анализ публикаций по теме исследования. Создание современной техники невозможно без наличия эффективных систем автоматизации проектирования, позволяющих не только упростить и формализовать процесс описания и конструирования инженерных сооружений и конструкций, но и выполнять анализ их напряженно-деформированного состояния. Уровень развития вычислительной техники в настоящее время позволяет эффективно применять ее для решения таких задач. Все достижения в области автоматизации проектирования инженерных конструкций и сооружений с помощью компьютера, а также оценка их прочностных характеристик в последние годы, были связаны с широким внедрением и применением компьютерных систем автоматизации проектирования; автоматизацией вычислительных процессов и разработкой новых численных методов [1, 2, 4, 5].

В настоящее время процесс проектирования сложных инженерных конструкций и сооружений с использованием САПР приобретает ярко выраженный объектно-ориентированный характер. Кроме того, возможность на этапе проектирования моделировать напряженно-деформированное состояние конструкции с учетом распределения по ее объему нагрузок, позволяет реализовать системный подход: наиболее адекватно учесть влияние производственных факторов и особенностей проектируемого объекта на его конечные свойства [3].

Формулирование целей статьи. Одним из примеров реализации такого проблемно-ориентированного языка является специализированный входной язык FORTU-3, позволяющий описывать общую постановку задачи механики, геометрическую и физическую модель рассчитываемого механического объекта (или механической системы), а также схему расчета, основанную на записи соответствующего вариационного принципа и правил вывода из него. В данной статье приводится сравнительный анализ вариационных принципов, положены в основе системы на примере вывода энергетического функционала для плоского четырёхугольного конечного элемента.

Основная часть. Язык FORTU-3 поддерживает объектно-ориентированную парадигму и позволяет в рамках единого вариационного формализма исследовать и решать задачи механики в различной вариационной постановке с разным функциональным базисом [1]. В него встроены операторные средства позволяющие:

- описывать топологию двух- или трехмерной области произвольной формы и управлять процессом ее дискретизации;
- описывать формульные соотношения произвольной сложности (как арифметические, так и вариационные);