

кінематических крайових умов, відповідуючих «жесткому» навантаженню представительного об'єма.

Полученные таким образом свойства материалов для слоев каркаса и брекера были применены при проведении расчета контактной задачи шины с дорогой в программном комплексе ANSYS. В качестве внешних нагрузок задавалось внутреннее давление 2 атм. и осевая нагрузка, соответствующая массе автомобиля 1 т. Расчет проводился с учетом геометрической нелинейности задачи.

**Список литературы:** 1. Бухин Б.Л. Введение в механику пневматических шин. – М.: Химия, 1988. – 224 с. 2. Кнороз В.И. Работа автомобильной шины. – М.: «Транспорт», 1976. 3. Pelc J. Material modeling in cord-rubber structures // KGK Kautschuk Gummi Kunststoffe 53.Jahrgang, no.10, PP.561-565. 4. Демидович П.Н., Шешенин С.В. О вычислении свойств резинокорда // Тезисы научной конференции «Ломоносовские чтения». – Москва: МГУ, апрель 2010 г. – С. 48–49. 5. Tönük, E. Computer Simulation of Dynamic Behavior of Pneumatic Tires, Ph. D. Thesis, Mechanical Engineering Department., Middle East Technical University. – Ankara, 1998. 6. . Н.А. Алфутов, П.А. Зиновьев, Б.Г. Попов Расчет многослойных пластин и оболочек из композиционных материалов. – М.: Машиностроение, 1984. 7. Э.И. Григолюк, Г.М. Куликов Многослойные армированные оболочки: Расчет пневматических шин. – М.: Машиностроение, 1988.

УДК 531

**РУДЕНКО А. О., ФЕДОРОВ В. О.**, доц, канд. техн. наук

## **ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ЕФЕКТИВНИХ ЗСУВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЛОКНИСТИХ КОМПОЗИТІВ**

**Вступ.** Проблема визначення ефективних характеристик композита по заданих характеристикам його компонентів знаходиться в центрі уваги багатьох досліджень. Одним із методів побудови математичної моделі механічних властивостей (метод структурних моделей) умовно представляє матеріал у виді структури, яка складається з простих, зазвичай одновимірних, елементів, з'єднаних паралельно чи (і) послідовно. Композити мають реальну структуру з відомими параметрами. Тому застосування до них таких структурних моделей доречно. Важливим достоїнством структурних моделей є те, що їх гіпотези застосовуються і до не пружних композитів, а також узагальнюються на не одновісні напружені стани.

**Постановка задачі.** Розглянемо однонаправлений безперервно армований композит. В мікромасштабі – це неоднорідний ізотропний чи трансверсально-ізотропний матеріал з модулем зсуву  $G_{13}=G_{23}=G(x_1, x_2)$ . Неоднорідність – двояко-періодична з періодами  $2a_1$  і  $2a_2$  по координатах  $x_1$  і  $x_2$ . Передбачаються також дві системи площин симетрії неоднорідності,

ортогональних вісям  $x_1$  і  $x_2$ .

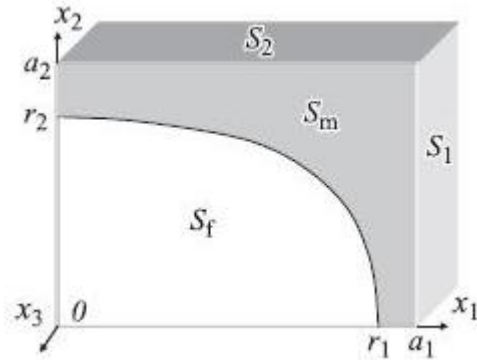


Рис. 1 – Мінімальний представницький осередок

Необхідно, отримати і порівняти між собою ефективні модулі зсуву композита по різним структурним моделям.

### Математична модель.

#### 1.1 Статично узгоджена модель

Ця модель уявляє осередок нескінченною кількістю паралельно з'єднаних елементарних шарів товщиною  $dx_2$ , які складаються з послідовно з'єднаних елементів матеріалів компонентів (рис. 2 – а)

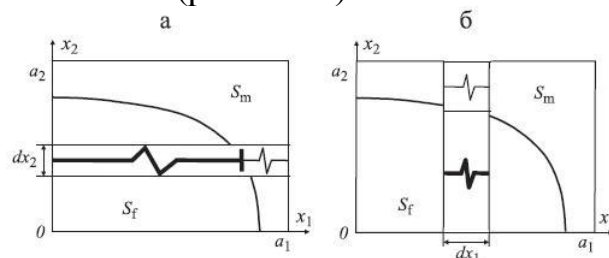


Рис. 2 – Структурні моделі

#### 1.2 Кінематично узгоджена модель

Ця модель представляє осередок нескінченною кількістю послідовно з'єднаних елементарних шарів товщиною  $dx_1$ , які складаються з паралельно з'єднаних елементів матеріалів компонентів (рис. 2 – б)

#### 1.3 Модель Ваніна.

Для визначення повздовжнього модуля зсуву Ванін Г. А. пропонує формулу яка у явному виді враховує вплив на модуль зсуву типу упаковки матеріалу.

#### 1.4 Моделювання повздовжнього зсуву в ПК ANSYS та в програмі написаній у Delphi.

Розрахунок в цих програмах проводиться методом кінцевих елементів. Модулюються мінімально представницькі осередки, та розбиваються на кінцево-елементу сітку (рис. 3, рис. 4). Для рішення антиплоскої задачі в ПК ANSYS проводиться аналогія із задачею теплопровідності [4]. А для рішення в програмі написаній у Delphi, моделювався повздовжній зсув від одиничного навантаження.

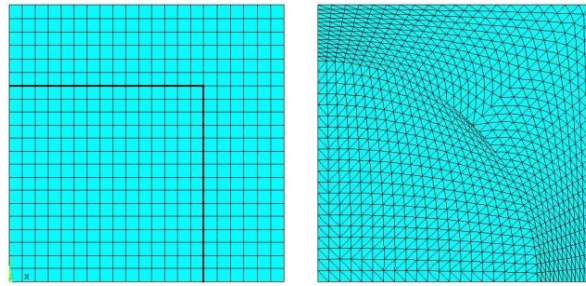


Рис. 3 – Кінцево-елемента сітка в ПК ANSYS

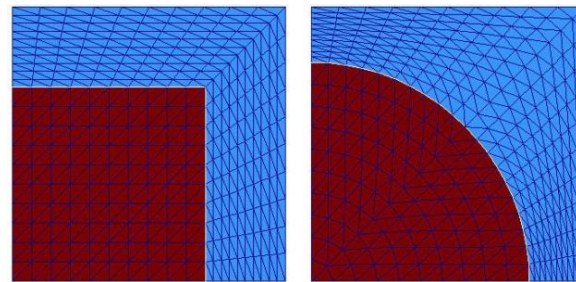


Рис. 4 – Кінцево-елемента сітка в Delphi

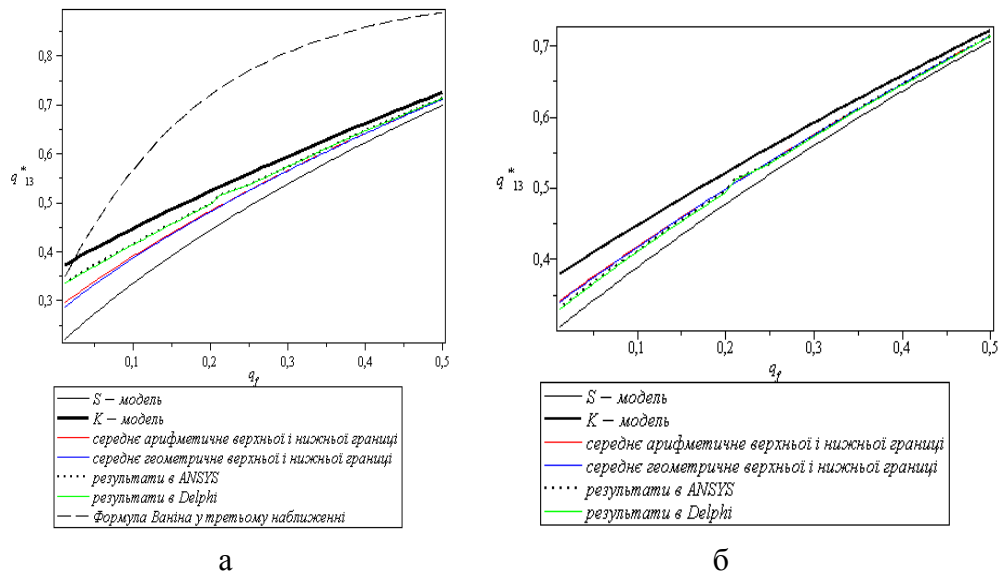


Рис. 5 – Залежність безрозмірної піддатливості композита  $q_{13}^*$  від відносної піддатливості волокна  $q_f$  при  $\psi=0.5$ : а - для круглого волокна; б – квадратного

**Висновки.** На графіках видно, що у всій області визначення вилка значень піддатливої жорсткості для композитів з квадратним перерізом волокон суттєво вужче, ніж для композитів з круглим перерізом, і може бути прийнята для практичного застосування.

Також слід відмітити, що результати отримані в ПК ANSYS, не відрізняються від результатів отриманих в програмі написаний в Delphi, тому для економії часу розрахунку, застосовувати ПК ANSYS не вигідно

**Список літератури:** 1. *Победра Б. Е.* Механика композиционных материалов. — М.: Изд-во Московского ун-та, 1984. — 336 с., 2. *Федоров В. А.* Структурные модели продольного сдвига однонаправленных композитов симметричного строения // Механика

композиционных материалов и конструкций. — 2012. — Т. 43, №. 13. — С. 1-20., 3. *Ванин Г. А.* Механика композиционных материалов. – Киев: Наук. думка, 1985. – 304 с., 4. *Finite Element Analysis of Sharp Corners with and without Stress Singularities: Antiplane Shear States / Gadre H.R., Sinclair G.B.* – Louisiana: Department of Mechanical Engineering, 2005. – 10 с.

УДК 621.039.584

**ФЕЩЕНКО А. В., АЛЕХИНА С. В.** канд. техн. наук

## **ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ СУХОГО ХРАНЕНИЯ ОТРАБОТАННОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА ПУТЕМ МОДЕРНИЗАЦИИ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ СИСТЕМЫ КОНТЕЙНЕРА**

Единственное в Украине сухое хранилище отработанного ядерного топлива (СХОЯТ) эксплуатируется уже более 10 лет на Запорожской АЭС. Ежегодно количество контейнеров с отработанным ядерным топливом (ОЯТ), размещаемых на площадке хранения, увеличивается, что требует проведения дополнительных исследований по обеспечению безопасных тепловых режимов хранения.

Анализ условий эксплуатации вентилируемых контейнеров сухого хранения ОЯТ на площадке Запорожской АЭС показал возможность существенного влияния ветра на тепловое состояние контейнеров и результаты температурного контроля. Следовательно, необходимо проведение дополнительных исследований тепловых и газодинамических процессов с целью минимизации воздействия внешних погодных факторов на температуру отработанных топливных сборок, размещенных внутри контейнеров.

В работе основное внимание уделено анализу климатических особенностей региона, где расположена площадка СХОЯТ, а также разработке способа повышения эффективности вентиляционной системы контейнера в условиях воздействия внешнего ветрового потока. Поставленная задача решалась в два этапа:

- анализ метеорологической ситуации в регионе с оценкой влияния ветра на тепловое состояние контейнера;
- разработка и моделирование защитной системы для повышения эффективности работы вентиляционной системы контейнера.

Результаты, полученные в ходе решения задачи, позволили оценить степень влияния ветрового воздействия на максимальные температуры отработанных топливных сборок, размещенных в контейнерах хранения.

Проведенные исследования имеют большое значение для безопасной эксплуатации СХОЯТ и могут служить базой для разработки методологии прогнозирования теплового состояния ОЯТ при сухом хранении в различных погодных условиях.