

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МАТЕРІАЛИ ХVІІІ МІЖНАРОДНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
З МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ,
ПРИСВЯЧЕНОЇ 100 – РІЧЧЮ З ДНЯ НАРОДЖЕННЯ
АКАДЕМІКА Ю.О. МИТРОПОЛЬСЬКОГО



**МАТЕРІАЛИ ХVІІІ МІЖНАРОДНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ З МАТЕМАТИЧНОГО
МОДЕЛЮВАННЯ, ПРИСВЯЧЕНОЇ 100 – РІЧЧЮ З ДНЯ НАРОДЖЕННЯ
АКАДЕМІКА Ю.О. МИТРОПОЛЬСЬКОГО
МКММ-2017**

**МАТЕРИАЛЫ ХVІІІ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ПО
МАТЕМАТИЧЕСКОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ, ПОСВЯЩЕННОЙ 100 - ЛЕТИЮ СО
ДНЯ РОЖДЕНИЯ
АКАДЕМИКА Ю.А. МИТРОПОЛЬСКОГО
МКММ-2017**

**Materials of 18th international conference OF MATHEMATICAL MODELLING
IS DEDICATED TO 100 ANNIVERSARY FROM
THE BIRTHDAY OF ACADEMICIAN Yu.O. MITROPOLSKY
ICMM-2017**

Збірка матеріалів конференції

**18-22 вересня 2017 року
Херсон, Україна**

**18-22 сентября 2017 года
Херсон, Украина**

**September 18-22, 2017
Kherson, Ukraine**

Організатори конференції

Херсонський національний технічний університет
Українська асоціація з прикладної геометрії
Чорноморський національний університет ім. П. Могили (м. Миколаїв)
Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара
Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»
Institute of Nuclear Chemistry and Technology (Warsaw)
Брестський державний технічний університет (м. Брест)
Херсонська державна морська академія

Організаційний комітет:

Голова Бардачов Ю.М. – д.т.н., професор, зав. кафедри ВМ і ММ, ректор ХНТУ;
Заступники Астіоненко І.О. – к.ф.-м.н., доцент кафедри ВМ і ММ ХНТУ;
голови Литвиненко О.І. – к.т.н., доцент кафедри ВМ і ММ ХНТУ.

Програмний комітет

Голова: Хомченко А.Н. – д.ф.-м.н., професор, зав. кафедри П і ВМ ЧНУ ім. П. Могили;
Заступники Тулученко Г.Я. – д.т.н., професор кафедри ВМ і ММ ХНТУ;
голови: Рудакова Г.В. – д.т.н., професор, зав. кафедри ТК ХНТУ.

Члени комітету:

Абрамов Г.С. к.ф.-м.н. (Україна);	Найдиш А.В. д.т.н. (Україна);
Андрейцев А.Ю. к.ф.-м.н. (Україна);	Несвідомін В.М., д.т.н. (Україна);
Babichev S.A. PhD (Czech Republic);	Parkes E.J. PhD (UK);
Бень А.П. к.т.н. (Україна);	Петрик М.Р. д.ф.-м.н. (Україна);
Ванін В.В. д.т.н. (Україна);	Пилипака С.Ф. д.т.н. (Україна);
Вахненко В.О. д.ф.-м.н. (Україна);	Підгорний О.Л. д.т.н. (Україна);
Вирченко Ю.П. д.ф.-м.н. (Россія);	Плоский В.О. д.т.н. (Україна);
Гвоздева І.М. д.т.н. (Україна);	Поливода О.В. к.т.н. (Україна);
Гнатушенко В.В. д.т.н. (Україна);	Пугачов Є.В. д.т.н. (Україна);
Guchek P., Dr.Sc. (Poland);	Редчиць Д.О. к.ф.-м.н. (Україна);
Жолткевич Г.М. д.т.н. (Україна);	Рожков С.О. д.т.н. (Україна);
Комяк В.М. д.т.н. (Україна);	Розов Ю.Г. д.т.н. (Україна);
Корчинський В.М. д.т.н. (Україна);	Савіна Г.Г. д.е.н. (Україна);
Куценко Л.М. д.т.н. (Україна);	Самохвалов С.Є. д.т.н. (Україна);
Лазурик В.Т. д.ф.-м.н. (Україна);	Smolarz A. Prof. dr hab. inż. (Poland);
Лебеденко Ю.О. к.т.н. (Україна);	Свешников В.М. д.ф.-м.н. (Россія);
Литвиненко В.І. д.т.н. (Україна);	Смирнов І.В. д.т.н. (Україна);
Ляшенко В.П. д.т.н. (Україна);	Стрельнікова О.О. д.т.н. (Україна);
Мазманішвілі О.С. д.ф.-м.н. (Україна);	Тарасов С.В. к.т.н. (Україна);
Марасанов В.В. д.т.н., (Україна);	Хачапуридзе М.М. к.т.н. (Україна);
Мельник І.В. д.т.н. (Україна);	Човнюк Ю.В. к.т.н. (Україна);
Миргород В.Ф. д.т.н. (Україна);	Шоман О.В. д.т.н. (Україна);
Михайленко В.Є. д.т.н. (Україна);	Шуть В.Н. к.т.н. (Білорусь);
Михальов О.І. д.т.н. (Україна);	Wojcik W. Prof. dr hab. inż. (Poland);
Мусій Р.С. д.ф.-м.н. (Україна);	Zimek Z. PhD (Poland).

У збірнику представлено матеріали XVIII міжнародної конференції з математичного моделювання МКММ-2017, яка відбулася з 18 по 22 вересня 2017 року в ХНТУ і була присвячена актуальним питанням математичного моделювання, прикладної геометрії та інформаційних технологій.

XVIII Міжнародна конференція з математичного моделювання (МКММ-2017) [Збірка тез (18-22 вересня 2017 р., м. Херсон)]. – Херсон: ХНТУ, 2017. – 155 с.

«угловой» функции $p_1 = -\frac{53}{288}$, для «промежуточных»: $p_5 = \frac{25}{192}$ и $p_{13} = \frac{25}{288}$. На эту особенность обратил внимание О. Зенкевич еще в 1971 г. [2]. Он назвал такой спектр противоестественным. Возможно, это так с точки зрения специалиста по строительной механике. А с точки зрения математики это вполне естественный спектр.

Выводы. Впервые получен серендипов стандартный базис на элементе пятого порядка. Нематричный подход основан на геометрических особенностях стандартных серендиповых поверхностей, которые, как было доказано, конструируются из коноидов и гиперболических параболоидов. Представляет интерес алгебраическое решение задачи восстановления функций на конечном элементе Quintic. Это позволит исследовать влияние внутренних узлов на формообразование поверхностей высших порядков.

1. Ergatoudis I. Curved isoparametric “quadrilateral” elements for finite element analysis / I. Ergatoudis, B. M. Irons, O. C. Zienkiewicz // Int. J. Solids Struct. – № 4/ – 1968. – P. 31–34.
2. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике / О. Зенкевич. – М. : Мир, 1975. – 541 с.

А. Н. ХОМЧЕНКО¹ О.І ЛИТВИНЕНКО²

¹ Чорноморський національний університет імені Петра Могили

² Херсонський національний технічний університет

КОНСТРУЮЮВАННЯ СІМПСОНОВИХ ТІЛ ЗА ДОПОМОГОЮ СЕРЕНДИПОВИХ ПОВЕРХОНЬ

Серендипові поверхні – це фінітні поліноміальні функції двох аргументів. Кожна функція $N_i(x, y)$ асоціюється з розрахунковим вузлом « i » на границі скінченного елемента-носія. У класичній задачі відновлення функції $f(x, y)$ за відомими вузловими аплікатами f_i функції $N_i(x, y)$ називають базисними (функціями впливу), а в методі скінчених елементів (МСЕ) – це функції форми. Задача локалізації у вузлах навантаження на скінченному елементі (СЕ) від одиничної масової сили передбачає обчислення об’єму тіла, що міститься між серендиповою поверхнею і площиною носія. Об’єм зазвичай обчислюють подвійним інтегруванням $N_i(x, y)$. Ми спробували обчислювати об’єм наближено за правилом Сімпсона і виявили, що в багатьох випадках можна отримати точне значення. Такі тіла називають сімпсоновими [1].

Нагадаємо, як виглядає правило Сімпсона на інтервалі $[a, b]$:

$$\int_a^b f(x) dx = \frac{b-a}{6} (f(a) + 4f(c) + f(b)), \text{ де } c = \frac{1}{2}(b+a). \quad (1)$$

Якщо $f(x) = S(x)$ – площа поперечного перерізу тіла, що міститься між опорними площинами $x = a$ та $x = b$, то за формулою (1) обчислюють об’єм тіла.

Мета роботи – довести, що сімпсонові тіла можна конструювати із серендипових поверхонь. Здається, що з цього боку серендипові поліноми ще не розглядалися. В роботі розглядаються СЕ від першого до п’ятого порядку включно. Зауважимо, що на відміну від прихильників матричного аналізу, ми побудували базис (і не один) елемента п’ятого порядку без використання внутрішніх вузлів. На елементі четвертого порядку це було зроблено раніше [2]. Треба підкреслити, що тестування правилом Сімпсона витримують як стандартні серендипові поверхні [3], так і альтернативні [4-5].

На рис. 1 зображені серендипові елементи, що розглядаються в роботі.

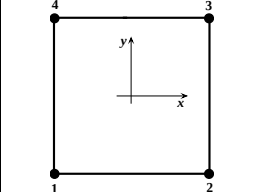
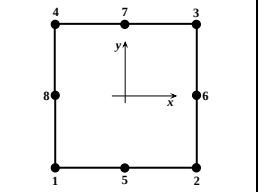
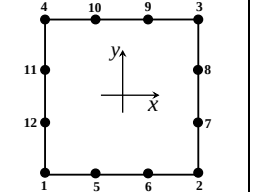
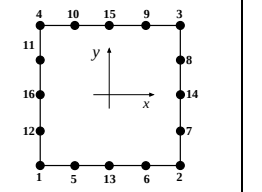
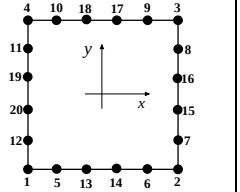
				
Linear element	Quadratic element	Cubic element	Quartic element	Quintic element

Рис. 1. Серендипові скінченні елементи

Підготовлений читач зверне увагу на відсутність внутрішніх вузлів на СЕ Quartic і Quintic. Вважається, що без внутрішніх вузлів неможливо побудувати базис на елементах четвертого і п'ятого порядків. Це негативний наслідок метода оберненої матриці, який багато років панує в МСЕ. Але, якщо скористатися будь-яким нематричним методом, можна обмежитись тільки граничними вузлами. Саме так ми сконструювали базисні функції (серендипові поверхні) СЕ четвертого і п'ятого порядків. Базисні функції, незалежно від порядку СЕ, повинні задовольняти наступним умовам інтерполяційної гіпотези:

$$N_i(x_k, y_k) = \begin{cases} 1, & i = k, \\ 0, & i \neq k, \end{cases} \quad \sum_{i=1}^M N_i(x, y) = 1, \quad (2)$$

де i – номер функції, k – номер вузла, M – кількість вузлів СЕ. Порядок СЕ на одиницю менший кількості вузлів на стороні квадрата (рис. 1).

Щоб скористатися формулою Сімпсона, важливо правильно обрати паралельні опорні площини. Виявляється, що для тіл, утворених серендиповими поверхнями, кращий вибір $x = \pm 1$ або $y = \pm 1$. Це суттєво спрощує обчислення, особливо на СЕ вищих порядків. На цих елементах виникає необхідність розв'язувати задачу на найменше та найбільше значення функції $N_i(x, y)$, щоб визначити опорні площини $z = a$ і $z = b$. При цьому область в «середньому» перерезі $z = c$ може мати складну конфігурацію в залежності від рельєфу поверхні. У всіх випадках ми користуємося опорними площинами $y = \pm 1$, а на СЕ вищих порядків не розглядаємо «кутові» поверхні $N_i(x, y)$, $i = 1, 2, 3, 4$, щоб не порушувати умови теореми Сімпсона.

Порівняння результатів подвійного інтегрування $N_i(x, y)$ та наближеної оцінки інтеграла за Сімпсоном почнемо з СЕ 1-го порядку (Linear element). Поверхня має вигляд [1,3]:

$$N_i(x, y) = \frac{1}{4}(1 + x_i x)(1 + y_i y), \quad i = 2, 3, 4.$$

Подвійний інтеграл на всі випадки має вигляд:

$$I = \int_{-1}^1 \int_{-1}^1 N_i(x, y) dx dy. \quad (3)$$

Результат (3) ми порівняємо з оцінкою Сімпсона (1), де використовується три площі паралельних перерізів. Відповідна формула має вигляд:

$$I = 2 \left(\frac{1}{6} S_{-1} + \frac{4}{6} S_0 + \frac{1}{6} S_1 \right), \quad (4)$$

де $S_{-1} = S(x, -1)$, $S_0 = S(x, 0)$, $S_1 = S(x, 1)$ - площі у відповідних перерізах. Вузли розподілені по периметру квадрата рівномірно, тому достатньо протестувати лише ті поверхні $N_i(x, y)$, які асоціюються зі стороною $y = -1$, $-1 \leq x \leq 1$. Для моделі 1-го порядку – це $N_1(x, y)$, для моделей другого і третього порядків – це $N_5(x, y)$, для моделей четвертого і п'ятого порядків – $N_5(x, y)$ і $N_{13}(x, y)$. Для лінійної моделі формули (3) і (4) дають однакові результати: об'єм тіла $V = 1$ куб.од. Це означає, що тіло, яке утворене поверхнею $N_i(x, y)$ і квадратним носієм, є сімпсоновим.

Аналогічну процедуру можна виконати і на елементах вищих порядків. Існує безліч серендипових поверхонь, які утворюють клиноподібні сімпсонові тіла. Це означає, що в задачах повузлової локалізації навантаження від одиничної масової сили замість формули Ньютона-Котеса можна використовувати наближену формулу Сімпсона. Отримані результати суттєво поповнюють модельний ряд сімпсонових тіл.

1. Кукуш О. Г. Призматойд та його об'єм / О. Г. Кукуш, Р. П. Ушаков // У світі математики. — Том 8. — Вип. 2. — К.: ТВІМС, 2012. — С. 46–50.

2. Астіоненко І.О. Інтерполяційна процедура Тейлора для побудови базисів серендипових скінченних елементів: модифікація / І.О. Астіоненко, О.І. Литвиненко, А.Н. Хомченко // Матер. міжн. конф. “Інтел. системи прийняття рішень і пробл. обч. інтелекту”.— Т.1.— Херсон: ХНТУ, 2009.—С. 9-12.

3. Akin J. E. Finite Element Analysis with Error estimators / J. E. Akin. — Elsevier, Butternorth-Heinemann, 2005. — 477 p.

4. Хомченко А. Н. Некоторые вероятностные аспекты МКЭ / А. Н. Хомченко. — Ивано-Франк. ин-т, 1982. — 9 с. — Деп. В ВИНТИ 18.02.82, № 1213.

5. Астіоненко И. А. Обратные задачи серендиповых аппроксимаций / И.А.Астіоненко, Е.И. Литвиненко, А. Н. Хомченко // Вестник Херсонского нац. техн. университета. — Вып. 2(35). — Херсон: ХНТУ, 2009. — С. 36-42.

И.В. ХУДЯКОВ¹, А.В. РУДАКОВА², Н.К. КЛЕВЦОВ³

¹Херсонская государственная морская академия

²Херсонский национальный технический университет

³Киевский национальный университет строительства и архитектуры

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВНЕШНИХ УСЛОВИЙ ПРИ АНАЛИЗЕ ДИНАМИКИ СУДНА В ХОДОВЫХ РЕЖИМАХ

Основная задача анализа *динамики судна* - изучение движения судна под действием приложенных к нему внешних сил и моментов. Движение судна характеризуется мореходными качествами, такими как мореходность (способность судна противостоять воздействию морского волнения с колебаниями возможно меньшей частоты и амплитуды), управляемость (способность судна удерживать заданное направление движение или изменять его в соответствии с желанием судоводителя) и ходкость (способность судна перемещаться с заданной скоростью под действием энергии его пропульсивного комплекса, преодолевая сопротивление среды - воды и воздуха). При разработке или модернизации систем управления пропульсивным комплексом при движении судна необходимо учитывать действие внешних факторов неопределенного характера, оказывающих влияние на технико-эксплуатационные характеристики судна [1]. Целью исследований является получение аналитических зависимостей, позволяющих учитывать влияние внешних условий на основные показатели работы пропульсивного комплекса и анализировать динамику судна в ходовых режимах.