

Міністерство освіти і науки України  
Херсонська державна морська академія  
Херсонський національний технічний університет  
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова  
Одеський національний морський університет  
Національний університет «Одеська морська академія»  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет  
Інститут газу НАН України  
Національний транспортний університет  
Український державний університет залізничного транспорту  
Білоруський національний технічний університет  
Білоруський державний економічний університет  
University of Warmia and Mazury in Olsztyn (Польща)  
Rzeszow University of Technology (Польща)  
Kazimierz Pulaski University of Technology and Humanities in Radom (Польща)  
Kabul Polytechnic University (Афганістан)  
Науково-виробнича компанія «Modern Multi Power Systems» s.r.o. (Чехія)  
Крюїнгова компанія «Marlow Navigation» (Кіпр)

## МАТЕРІАЛИ

8-ї Міжнародної науково-практичної конференції

# СУЧАСНІ ЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ НА ТРАНСПОРТІ, ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЇХ ОБСЛУГОВУВАННЯ



Херсон – 2017

### Програмний комітет:

Белоцерківський М.А. – д.т.н., проф.  
Об'єднаного інституту  
машинобудування НАН Білорусі;  
Білоусов Є.В. – к.т.н., доц. ХДМА;  
Варбанець Р.А. – д.т.н., проф. ОНМУ;  
Волков В.П. – д.т.н., проф. ХНАДУ;  
Горбов В.М. – к.т.н., проф. НУК;  
Грицук І.В. – д.т.н., проф. ХДМА;  
Гутаревич Ю.Ф. – д.т.н., проф. НТУ;  
Железко Б.О. – к.т.н., доц. Білоруського  
державного економічного університету;  
Жук Г.В. – д.т.н., с.н.с. ІГНАНУ;  
Івановський В.Г. – д.т.н., проф. ОНМУ;  
Іщенко І.М. – к.т.н., проф. ХДМА;  
Каграманян А.О. – к.т.н., доц. УДУЗТ;  
Колегаєв М.О. – к.т.н., проф. НУОМА;  
Кравченко О.П. – д.т.н., проф. ЖДТУ;  
Ляшенко Б.А. – д.т.н., проф. ШМ;  
Малигін Б.В. – д.т.н., проф. ХДМА;  
Матейчик В.П. – д.т.н., проф. НТУ;  
Мнацаканов Р.Г. – д.т.н., проф. НАУ;  
Наглюк І.С. – д.т.н., проф. ХНАДУ;  
Подригало М.А. – д.т.н., проф. ХНАДУ;  
Подригало Н.М. – д.т.н., доц. ХНАДУ;  
Посвятенко Е.К. – д.т.н., проф. НТУ;  
Рева О.М. – д.т.н., проф. НАУ;

Рожков С.О. – д.т.н., проф. ХДМА;  
Селіванов С.Є. – д.т.н., проф. ХДМА;  
Тамаргазін О.А. – д.т.н., проф. НАУ;  
Тимошевський Б.Г. – д.т.н., проф. НУК;  
Ткач М.Р. – д.т.н., проф. НУК;  
Тулученко Г.Я. – д.т.н., проф. ХНТУ;  
Шарко О.В. – д.т.н., проф. ХДМА;  
Шостак В.П. – к.т.н., проф. НУК  
Lejda Kazimierz – д.хаб., проф. Rzeszow  
University of Technology (Польща);  
Podprygora Olena – директор науково-  
виробничої компанії «Modern Multi  
Power Systems» s.r.o. (Чехія);  
Said Usuf – Kabul Polytechnic University  
(Афганістан);  
Smieszek Mirosław – д.хаб., проф.  
Rzeszow University of Technology  
(Польща);  
Wróblewski Aleksander – д.т.н., проф.  
University of Warmia and Mazury in  
Olsztyn (Польща);  
Zbigniew Lukasik – д.т.н., проф.  
Kazimierz Pulaski University of  
Technology and Humanities in Radom  
(Польща)

### Організаційний комітет:

**Голова** – Ходаковський Володимир Федорович, професор, ректор ХДМА  
**Заступники голови** – Бень Андрій Павлович, к.т.н., доц., проректор з НІР ХДМА  
Білоусов Євген Вікторович, к.т.н., доц., декан ФСЕ ХДМА  
Савчук Володимир Петрович, к.т.н., доц., завідувач кафедри ЕСЕУ ХДМА  
**Вчений секретар конференції** – Блах Ігор Володимирович, нач. відділу технічної  
інформації ХДМА  
**Технічний секретар** – Бабій Михайло Володимирович, к.т.н., доц. каф. ЕСЕУ ХДМА

**Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх  
обслуговування. 8-а Міжнародна науково-практична конференція, 28-29 вересня  
2017 р. – Херсон: Херсонська державна морська академія.**

У програмі 8-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні енергетичні  
установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування» представлені  
доповіді, які присвячені проблемам експлуатації, виробництва та проектування  
енергетичних установок та устаткування на транспорті, а також підготовці спеціалістів у  
сфері транспортної енергетики й устаткування.

## **РОБОЧІ ПРОЦЕСИ, ДИНАМІКА ТА МІЦНІСТЬ ТРАНСПОРТНОГО І ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ**

<b>Белоусов Е.В., Савчук В.П., Грицук И.В., Белоусова Т.П. ОРГАНИЗАЦИЯ ВНУТРЕННЕГО СМЕСЕОБРАЗОВАНИЯ НА УЧАСТКЕ СЖАТИЯ В СУДОВЫХ МАЛООБОРОТНЫХ ГАЗОДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ.....</b>	<b>341</b>
<b>Білоусова Т.П., Шульженко М.А., Титаренко Ю.В., Тулученко Г.Я. ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БЛОЧНИХ МАТРИЦЬ У ЗАДАЧАХ ІНТЕРПОЛЯЦІЇ.....</b>	<b>344</b>
<b>Веретенник А.М., Аболешкин С.Е., Кардашев Д.Л., Григорьева Е.С. АКСЕЛЕРОМЕТРИЯ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА ДИЗЕЛЯ.....</b>	<b>346</b>
<b>Джуринская А.А., Смоляной Е.С. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УВЛАЖНЕНИЯ ТЕРМОПРЕССОРОМ НАДДУВОЧНОГО ВОЗДУХА СУДОВОГО ДВС.....</b>	<b>350</b>
<b>Коновалов Д.В. Кобалава Г.А, Майбродский П.А. ПРИМЕНЕНИЕ АЭРОТЕРМОПРЕССОРА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ВОЗДУХА ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК.....</b>	<b>351</b>
<b>Коробко В.В. МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ІМПУЛЬСНОЇ ДВОНАПРАВЛЕНОЇ ТУРБИНИ В СКЛАДІ ТЕРМОАКУСТИЧНОЇ ТЕПЛОВОЇ МАШИНИ.....</b>	<b>352</b>
<b>Маулевич В.О. МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ДИЗЕЛЯ В СРЕДЕ AVL BOOST.....</b>	<b>356</b>
<b>Пелевін Л.Є., Горбатюк Є.В., Міщук Д.О. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ РОЗПУШУВАЛЬНИХ АГРЕГАТИВ ПРИ СТАТИЧНОМУ РОЗПУШУВАННІ ГРУНТУ.....</b>	<b>357</b>
<b>Поляков В.А., Хачапуридзе Н.М. ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ДИНАМИКИ МАГНИТОЛЕВИТИРУЮЩЕГО ПОЕЗДА.....</b>	<b>363</b>
<b>Половинка Э.М., Слободянюк Н.В. ПРОЦЕСС ВПРЫСКИВАНИЯ ТОПЛИВА В СУДОВОМ СРЕДНЕОБОРОТНОМ ДИЗЕЛЕ НА ПЕРЕМЕННЫХ РЕЖИМАХ.....</b>	<b>369</b>
<b>Рыбалко Р.И., Гущин О.В. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ АЭРОСМЕСИ НА НАЧАЛЬНОМ УЧАСТКЕ ТРАНСПОРТНОГО ТРУБОПРОВОДА...</b>	<b>374</b>
<b>Свистун Ю.А. РОБОТА ГАЗОВОГО ДВИГУНА НА ПРИВІД ЕЛЕКТРОГЕНЕРАТОРА ЗА РІЗНОГО СКЛАДУ ГАЗО-ПОВІТРЯНОЇ СУМІШІ.....</b>	<b>377</b>
<b>Тимошевский Б.Г., Ткач М.Р., Шалапко Д.О., Гапонов Е.В. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЛНОВОГО ЭФФЕКТА ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ С МАЛЫМИ ДОБАВКАМИ ВОДОРОДА.....</b>	<b>381</b>
<b>Ткач М.Р., Тимошевський Б.Г., Познанський А.С., Митрофанов О.С., Проскурін А.Ю. ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СИНТЕЗ-ГАЗУ В ДВЗ З ПРИМУСОВИМ ЗАПАЛЮВАННЯМ.....</b>	<b>383</b>
<b>Троханяк В.І., Горобець В.Г., Богдан Ю.О., Антипов Є.О. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛООБМІННОГО АПАРАТА НОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ.....</b>	<b>386</b>

## ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БЛОЧНИХ МАТРИЦЬ У ЗАДАЧАХ ІНТЕРПОЛЯЦІЇ

Білоусова Т.П., Шульженко М.А., Титаренко Ю.В., Тулущенко Г.Я.  
Херсонський національний технічний університет (Україна)

Технологія застосування блочних матриць дозволяє ознайомити студентів інженерних спеціальностей з одним із сучасних методів інтерполяції функцій без залучення інструментів специфічних розділів математики.

Ієрархічні схеми ермітової інтерполяції мають переваги порівняно із її класичною реалізацією стосовно об'ємів виконуваних розрахунків. В роботі [1] показано, що метод базисних елементів, який описаний, наприклад, в публікації [2], приводить до побудови окремого випадку інтерполяційного многочлена Ерміта в ієрархічній формі.

У цьому методі інтерполяційний поліном  $\varphi_D(x)$  для функції  $f(x)$  шукається у локальній системі координат на трьохточковій сітці  $\Delta_3^{ab} : x_a < x_0 < x_b$  у вигляді:

$$\varphi_D(x) = \sum_{j=0}^m \mathbf{b}_j^T \cdot \mathbf{r}_j = \sum_{j=0}^m Q^j \cdot \mathbf{w}^T \cdot \mathbf{r}_j, \quad (1)$$

де  $\mathbf{r}_j = (r_{ja}; r_{jb}; r_{j0})$  – вектор невідомих шуканих коефіцієнтів;

$\mathbf{w} = (w_1; w_2; w_3)$  – вектор базисних елементів у вигляді поліномів другого степеня:

$$w_1 = -\frac{x(x-x_b)}{x_a(x_b-x_a)}; \quad w_2 = \frac{x(x-x_a)}{x_b(x_b-x_a)}; \quad w_3 = \frac{(x-x_a)(x-x_b)}{x_a x_b};$$

$Q = (x-x_a) \cdot x \cdot (x-x_b)$  – допоміжна "зануляюча" кубічна парабола [2]

Особливістю полінома (1) є те, що він має найстарший степінь виключно  $(3m+2)$ . Невідомі коефіцієнти  $\mathbf{r}_j$  знаходяться із вимоги рівності значень інтерполяційного полінома та значень його похідних у вузлах сітки із відповідними значеннями функції, що інтерполюється, та її похідних:

$$(f(x) - \varphi_D(x))^{(j)} \Big|_{x=x_a, x_b, x_0}, \quad j = \overline{0; m}. \quad (2)$$

Кожне рівняння системи (2) містить тільки один невідомий коефіцієнт із вектора  $\mathbf{r}_j$

Можна показати, що невідомі коефіцієнти полінома (1) можуть бути отримані за допомогою технології застосування блочних матриць без застосування апарату проективної геометрії, як це робиться в [2].

Введемо позначення:

$V$  – матриця значень базисних функцій та їх похідних в вузлах інтерполяції;

$C$  – матриця коефіцієнтів базисних функцій;

$M$  – матриця значень мономів та їх похідних в вузлах інтерполяції.

Матриці  $V$ ,  $C$  і  $M$  зв'язані співвідношенням:

$$V = C \cdot M \quad (3)$$

Звідки

$$V \cdot M^{-1} = C \quad (4)$$

Для інтерполяційного полінома, наприклад, п'ятого степеня матриця  $C$  має вимірність  $6 \times 6$ . Розіб'ємо кожен матрицю на квадрати розміром  $3 \times 3$  елементи:

$$\begin{aligned} C &= \begin{pmatrix} C_{11} & C_{12} \\ C_{21} & C_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C_{11} & O \\ C_{21} & C_{22} \end{pmatrix}; \\ V &= \begin{pmatrix} V_{11} & V_{12} \\ V_{21} & V_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} E & V_{12} \\ O & E \end{pmatrix}; \\ M^{-1} = MInv &= \begin{pmatrix} MInv_{11} & MInv_{12} \\ MInv_{21} & MInv_{22} \end{pmatrix}, \end{aligned} \quad (5)$$

де  $O$  – блок нульових елементів; усі інші блоки матриць в загальному випадку є ненульовими;  $E$  – одинична матриця відповідної розмірності.

Тоді рівняння (4) набуває вигляду:

$$\begin{pmatrix} E & V_{12} \\ O & E \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} MInv_{11} & MInv_{12} \\ MInv_{21} & MInv_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C_{11} & O \\ C_{21} & C_{22} \end{pmatrix} \quad (6)$$

В матриці  $V$  невідомі значення тільки одного блоку  $V_{12}$ . Аналогічну локацію має нульовий блок у матриці  $C$ . Елементи цього блоку утворюються в результаті множення блоків початкових матриць:

$$(E \quad V_{12}) \cdot \begin{pmatrix} MInv_{12} \\ MInv_{22} \end{pmatrix} = (O) \quad (7)$$

Матричне рівняння (7) може бути переписане у вигляді:

$$(V_{12}) \cdot (MInv_{22}) = -(MInv_{12}).$$

Звідки отримуємо:

$$(V_{12}) = -(MInv_{12}) \cdot (MInv_{22})^{-1}. \quad (8)$$

Після застосування формул (4–8) усі елементи матриці  $V$  стають визначеними. Підставивши знайдену матрицю  $V$  в формулу (4), знайдемо елементи матриці  $C$ :

Запропонований підхід може бути узагальнений для знаходження коефіцієнтів поліномів довільних степенів виду  $(3m+2)$ . В цьому випадку кожна наступна матриця отримується із попередньої шляхом обкладання блоками розміром  $3 \times 3$  елементи:

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Тулученко Г.Я. Еквівалентні форми ермітовою інтерполяції / Г.Я. Тулученко, Т.А. Селуянова, Н.В. Старун [Електронний ресурс] // Матеріали VIII Міжнародної конференції з математичного моделювання (м. Херсон, 18-22 вересня 2017 р.). – Херсон: ХНТУ, 2017. – С. 137-138. – Режим доступу: <http://mkmm.org.ua/upload/МАТЕРІАЛИ%20МКММ-2017.pdf>
2. Дикусар Н.Д. Полиномиальная аппроксимация высоких порядков / Н.Д. Дикусар // Математическое моделирование. – 2015. – Т. 27. – № 9. – С. 89-109.