

**КОМП'ЮТЕРНА ПРОГРАМА «РОЗРАХУНОК ОБОЛОНОК».
ОБЛАСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ТА МОЖЛИВОСТІ.**

**THE COMPUTER PROGRAM «ROZRAHUNOK OBOLONOK»
FIELD OF APPLICATION AND CAPABILITIES**

**Пасічник Р.В., к.т.н., доцент (Луцький НТУ, м. Луцьк),
Ужегов С.О., аспірант (Луцький НТУ, м. Луцьк), Пасічник О.С.,
к. арх., доцент (Луцький НТУ, м. Луцьк)**

**Pasichnyk R.V., Ph.D., senior lecturer (Lutsk National Technical
University, Lutsk), Uzhehov S.O., postgraduate (Lutsk National Technical
University, Lutsk), Pasichnyk R.V., Ph.D., senior lecturer (Lutsk National
Technical University, Lutsk)**

У статті описано комп'ютерну програму для розв'язку задач міцності та стійкості оболонок обертання методом сіток. Розглянуто інтерфейс програми, область застосування та можливості.

This article describes the computer program for calculating problems of strength and stability shells of rotation by the method of nets. Considers the interface of the program, scope and opportunities.

The feature of this program is implemented in its algorithm for automatic generation of systems of linear equations depending on the number of grid points and size, type and nature of the external loads on the shell specified by the user. The program can be used for these calculations without using expensive universal software.

Ключові слова: комп'ютерна програма, скінченно-різницевий метод, стійкість, міцність, оболонки обертання.

Keywords: the computer program, finite-difference method, stability, strength, shells of rotation.

Комп'ютерна програма «Розрахунок оболонок» розроблена на кафедрі промислового та цивільного будівництва Луцького національного технічного університету. Вона призначена для обчислення деформацій та дослідження стійкості оболонок обертання з від'ємною гаусовою кривиною типу однопорожнинного гіперболоїда (рис 1). Програма передбачає обчислення вказаних

параметрів, як для вибраної користувачем області, так і для всієї замкнутої оболонки при різноманітних навантаженнях.

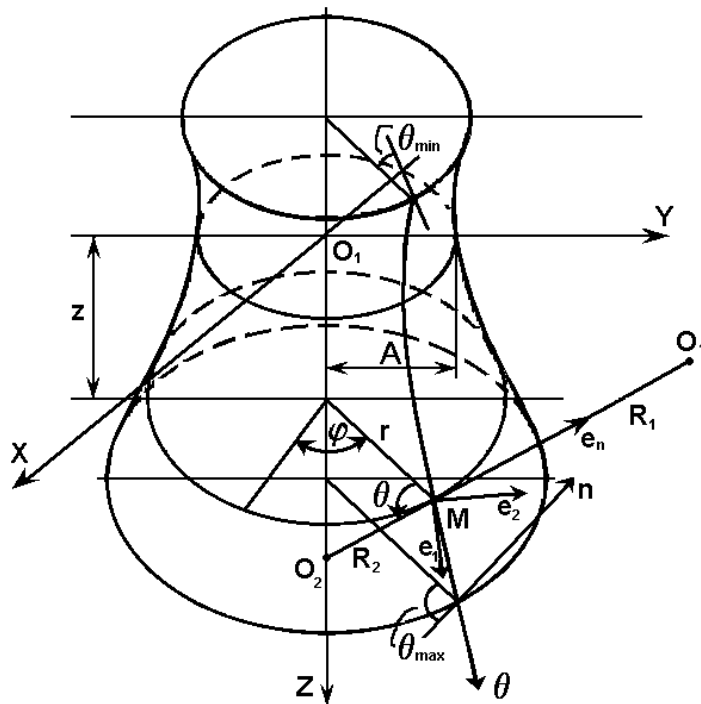


Рис. 1. Геометрія оболонки з прийнятою системою координат

Для повного використання можливостей сучасних персональних ЕОМ та їх операційних систем програма написана з використанням мови програмування "Delphi", яка дозволяє використовувати сучасні об'єктно-орієнтовані технології програмування, підтримує змінні процедурного типу та динамічні масиви розмірністю до 2 Гбайт.

В основі алгоритму програми закладено метод розв'язку диференціальних рівнянь за допомогою скінченних різниць у криволінійній системі координат (метод криволінійних сіток).

Особливістю даної програми є реалізований у ній алгоритм автоматичного формування системи лінійних рівнянь залежно від кількості вузлів сітки та величини, виду й характеру зовнішніх навантажень на оболонку, які задаються користувачем.

Результати роботи програми доступні користувачу як у вигляді таблиць, так і графіків як на екрані, монітора, так і у друкованому вигляді.

Початкові дані для розрахунку вводяться у вікнах: «Параметри поверхні» (рис. 2), «Параметри області дослідження» (рис. 4), «Граничні умови» (рис. 6)

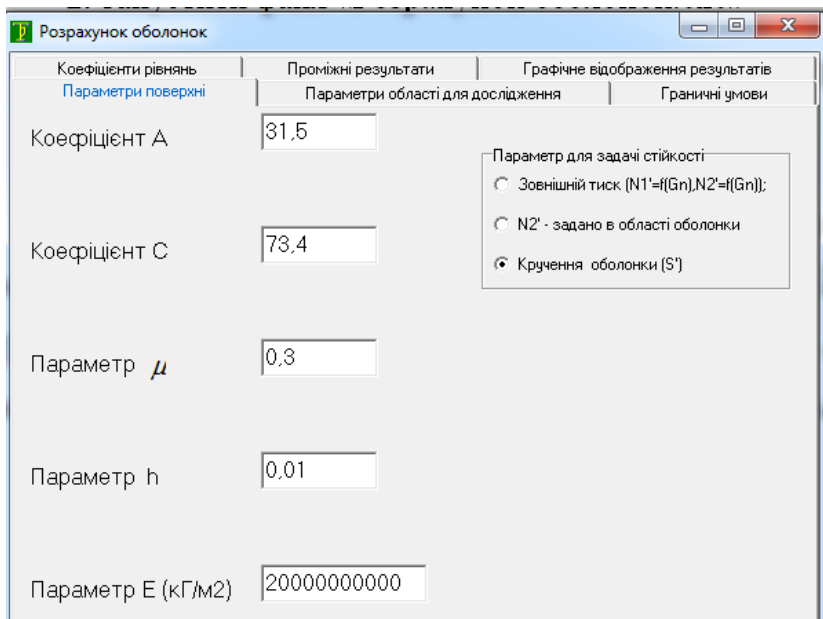


Рис. 2. Фрагмент вікна «Параметри поверхні»

У вікні «Параметри поверхні» (рис. 2) задаються коефіцієнти «А» та «С», що описують меридіан однопорожнинного гіперболоїда; коефіцієнт Пуасона «μ», товщину оболонки «h»; модуль Юнга «Е». Праворуч можна вибрати параметри для розрахунку оболонки на стійкість.

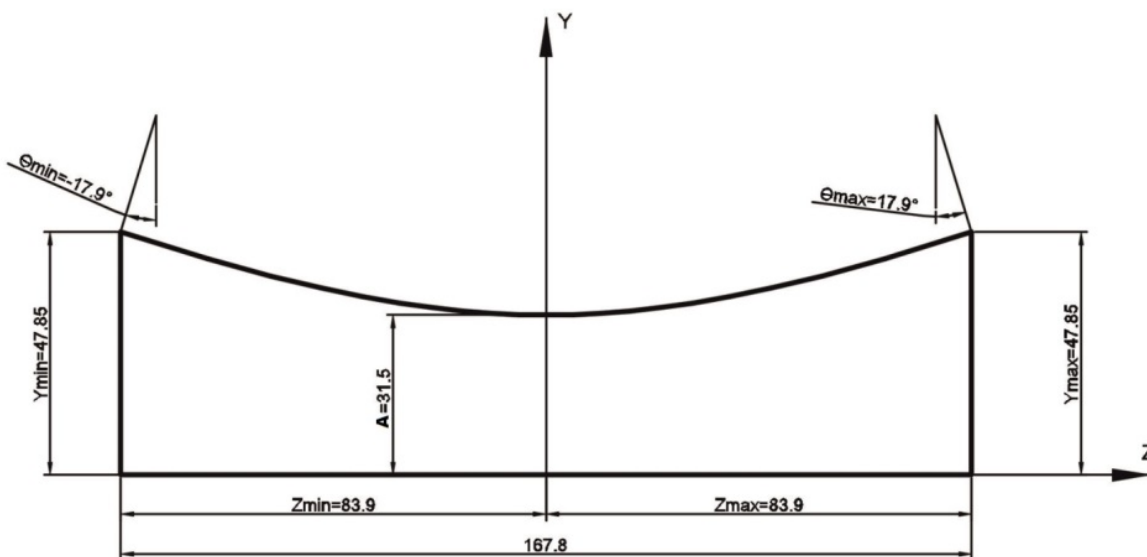


Рис. 3. Прийняті позначення для розрахунку

Варто пам'ятати, що «А»- радіус однопорожнинного гіперболоїда в горловому січенні (рис. 3). Формула меридіана в прийнятій системі координат – $y = \frac{A}{c} \sqrt{z^2 + c^2}$.

Звідси визначаємо $c = z / \sqrt{(y^2/A^2) - 1}$.

У вікні «Параметри області дослідження» (рис. 4) можна задати розміри досліджуваної області оболонки (рис. 1), та густоту сітки вузлів на поверхні.

За допомогою допоміжних функцій g_1 , g_2 , g_n можна задати навантаження на елемент оболонки, що розраховується. Напрямок прикладання цих зусиль показано на рис. 5.

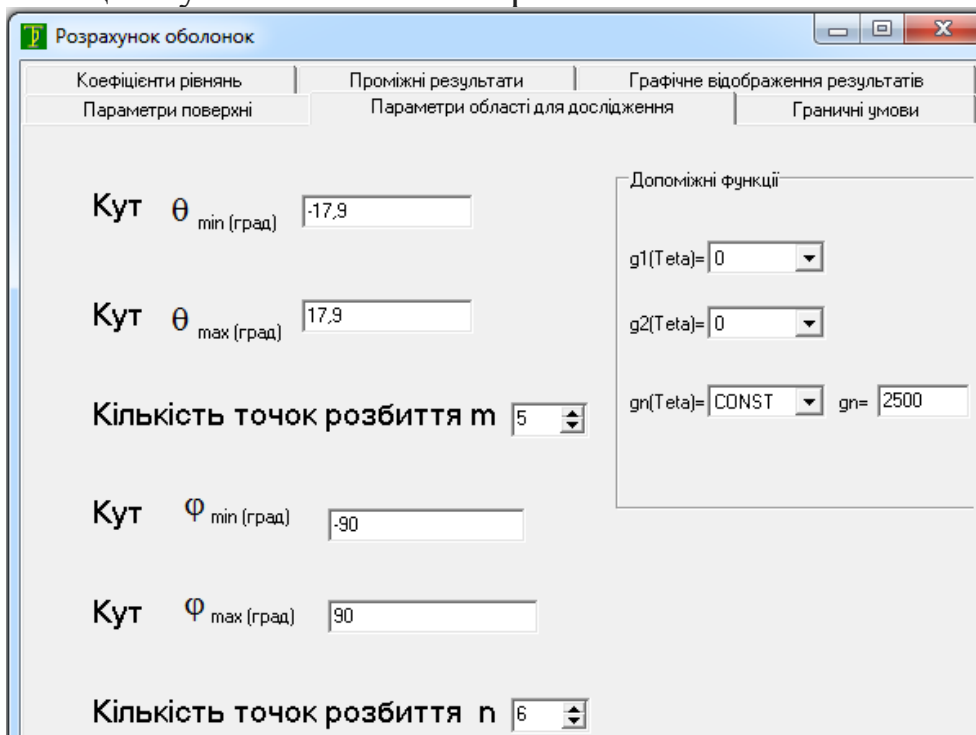


Рис. 4. Фрагмент вікна «Параметри області дослідження»

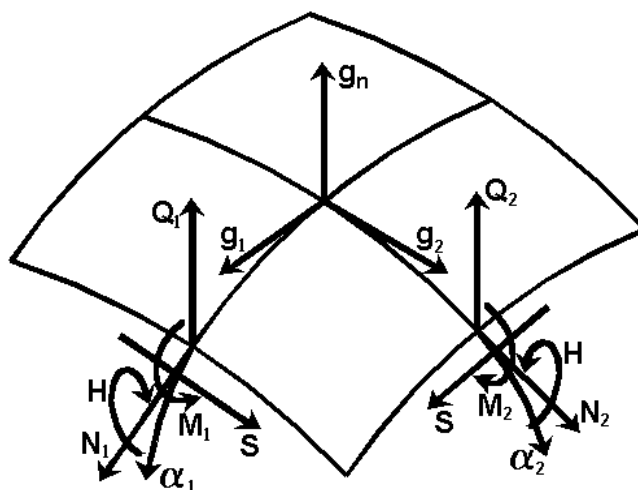



Рис. 5. Зусилля, що діють на елементі серединної поверхні

Для визначення початкового та кінцевого кутів θ_{\min} та θ_{\max} досліджуваної області оболонки маючи лінійні розміри оболонки (рис. 3) можна скористатися формулою

$$\theta = \left(\operatorname{atg} \left(\frac{A}{y_c} \sqrt{y^2 - A^2} \right) \right) 180/\pi$$

У вікні «Граничні умови» (рис. 6) потрібно задати величину відомих внутрішніх зусиль, або переміщень на краях оболонки. Так, наприклад, якщо край «TetaMinimum» закріплено просторовими шарнірно нерухомими опорами, то вибираємо $U=V=W=0$. Так як на краю не защемлення а шарнір, $M=0$.

Назва та розміщення кромки показано на рис 1.

Після закінчення введення початкових даних для розрахунку оболонки потрібно натиснути кнопку  , яка знаходиться в нижній частині вікна.

На екрані з'явиться фрагмент таблиці коефіцієнтів (рис. 7). За допомогою вертикального та горизонтального повзунка можна переглянути значення усіх коефіцієнтів

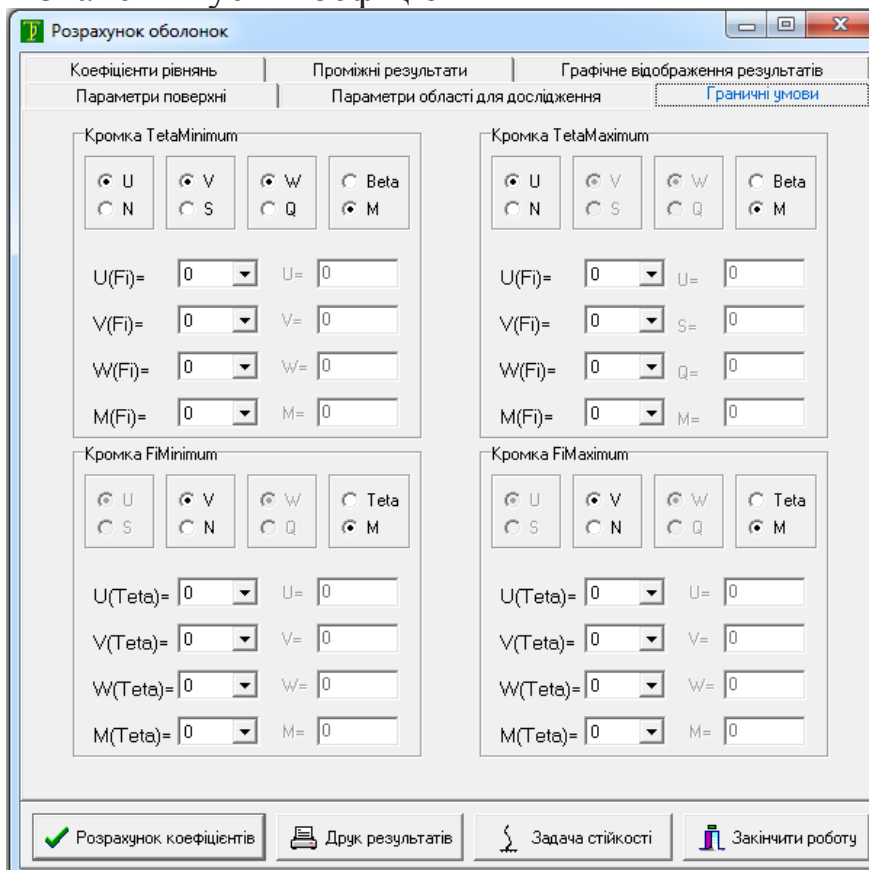
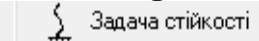


Рис. 6. Вікно «Граничні умови»

Розрахунок оболонки																		
Параметри поверхні	Параметри області для дослідження				Граничні умови		Коефіцієнти рівнянь		Проміжні результати			Графічне відображення результатів			Щодо задачі стійкості			
	V(0,1)	V(0,2)	V(0,3)	V(0,4)	V(0,5)	V(1,0)	V(1,1)	V(1,2)	V(1,3)	V(1,4)	V(1,5)	V(2,0)	V(2,1)	V(2,2)	V(2,3)	V(2,4)	V(2)	
1 (Ур.1. (1, 1))	-1.977E-002	-4.093E-002	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000
2 (Ур.1. (1, 2))	3.684E-002	-5.196E-003	-3.878E-002	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000
3 (Ур.1. (1, 3))	0.000E+000	3.878E-002	5.196E-003	-3.684E-002	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000
4 (Ур.1. (1, 4))	0.000E+000	0.000E+000	4.093E-002	1.977E-002	-3.323E-002	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	4.093E-002	-1.977E-002
5 (Ур.1. (2, 1))	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	3.323E-002	-1.977E-002	-4.093E-002	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000
6 (Ур.1. (2, 2))	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	3.684E-002	-5.196E-003	-3.878E-002	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000
7 (Ур.1. (2, 3))	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000
8 (Ур.1. (2, 4))	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	4.093E-002	1.977E-002	-3.323E-002	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000
9 (Ур.1. (3, 1))	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	3.323E-002	-1.977E-002	-4.093E-002	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000
10 (Ур.1. (3, 2))	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	3.684E-002	-5.196E-003	-3.878E-002	0.000E+000	0.000E+000
11 (Ур.1. (3, 3))	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	3.878E-002	5.196E-003	-3.684E-002	0.000E+000
12 (Ур.1. (3, 4))	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	4.093E-002	1.977E-002
13 (Ур.1. (4, 1))	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000
14 (Ур.1. (4, 2))	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000
15 (Ур.1. (4, 3))	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000
16 (Ур.1. (4, 4))	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000
17 (Ур.1. (5, 1))	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000
18 (Ур.1. (5, 2))	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000
19 (Ур.1. (5, 3))	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000
20 (Ур.1. (5, 4))	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000

Рис. 7. Фрагмент вікна «Коефіцієнти рівнянь»

Після розрахунку коефіцієнтів можна провести розрахунок на стійкість натиснувши на кнопку . В результаті обчислень отримуємо параметр S^I

У вікні «Проміжні результати» (рис. 8) можна побачити основні геометричні характеристики оболонки у вузлах сітки.

Розрахунок оболонки											
Індекси	Параметри поверхні			Параметри області для дослідження			Граничні умови			Коефіцієнти рівнянь	
	Teta(град)	tg(Teta)	Cos(Teta)	r	z	Dr/D Teta	R1	R2	K1	K2	
= -1	25.0600	-0.46758	0.90586	72.82307	-152.99314	-1.204,17340	2.605,20480	80,39067	-0,00038	0,01244	
= -0,5	-21.4800	-0,39351	0,93055	78,93989	-168,66319	-1.223,25520	3.340,61700	84,83185	-0,00030	0,01179	
= 0	-17.9000	-0,32299	0,95159	47,83932	-83,89704	-213,69369	695,26302	50,27280	-0,00144	0,01989	
= 0,5	-14.3200	-0,25527	0,96893	39,18585	-54,31223	-89,52631	361,96049	40,44242	-0,00276	0,02473	
= 1	-10.7400	-0,18968	0,98248	35,11595	-36,16478	-46,56112	249,85503	35,74204	-0,00400	0,02798	
= 1,5	-7.1600	-0,12562	0,99220	32,94291	-22,46944	-24,96289	200,27901	33,20182	-0,00499	0,03012	
= 2	-3.5800	-0,06256	0,99805	31,84017	-10,81614	-11,09427	177,67280	31,90242	-0,00563	0,03135	
= 2,5	0.0000	0,00000	1,00000	31,50000	0,00000	0,00000	171,03365	31,50000	-0,00585	0,03175	
= 3	3.5800	0,06256	0,99805	31,84017	10,81614	11,09427	177,67280	31,90242	-0,00563	0,03135	
= 3,5	7.1600	0,12562	0,99220	32,94291	22,46944	24,96289	200,27901	33,20182	-0,00499	0,03012	
= 4	10.7400	0,18968	0,98248	35,11595	36,16478	46,56112	249,85503	35,74204	-0,00400	0,02798	
= 4,5	14.3200	0,25527	0,96893	39,18585	54,31223	89,52631	361,96049	40,44242	-0,00276	0,02473	
= 5	17.9000	0,32299	0,95159	47,83932	83,89704	213,69369	695,26302	50,27280	-0,00144	0,01989	
= 5,5	21.4800	0,39351	0,93055	78,93989	168,66319	1.223,25520	3.340,61700	84,83185	-0,00030	0,01179	
= 6	25.0600	0,46758	0,90586	72,82307	152,99314	1.204,17340	2.605,20480	80,39067	-0,00038	0,01244	

Рис. 8. Вікно «Проміжні дані»

У вікні «Графічне відображення результатів» (рис 9) виводиться на екран графік переміщень W, U, V точок поверхні, що розміщені у вузлах сітки вибраного меридіана (наприклад, на рис. 9 для меридіана при $\Phi_i = -60^\circ$)

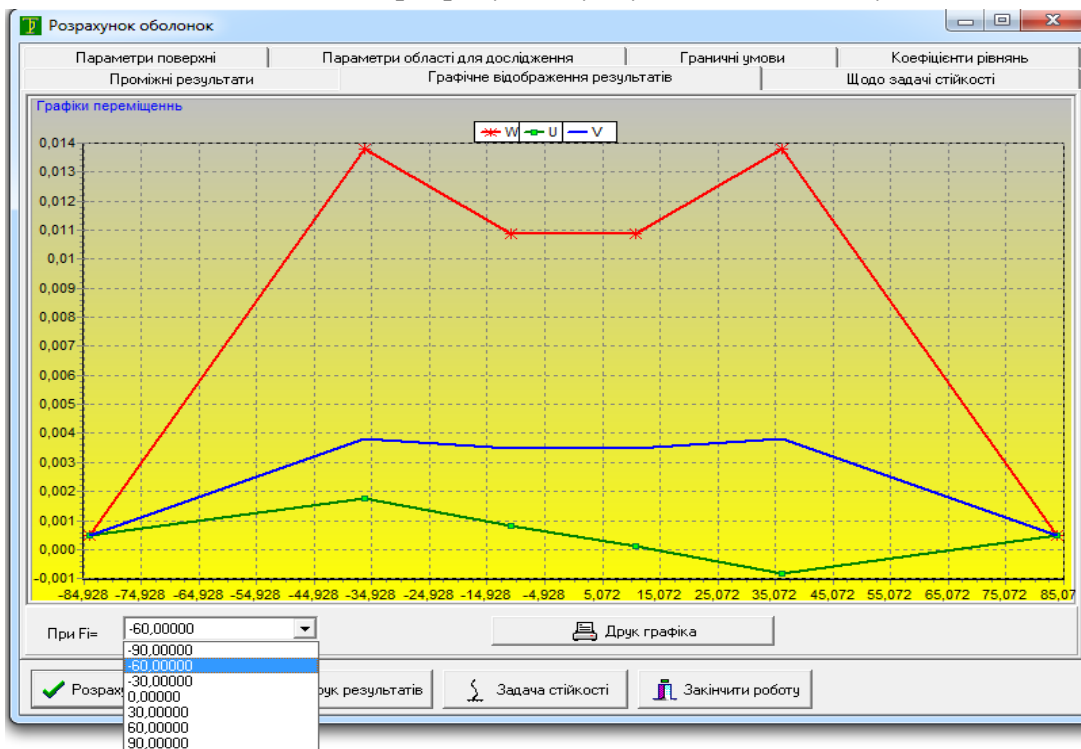


Рис. 9. Вікно «Графічне відображення результатів»

У даному вікні передбачено можливість збільшення масштабу певних ділянок графіка, шляхом виділення цих ділянок рамкою (зліва направо, зверху вниз). Повернутися до початкового масштабу можна за допомогою рамки проведеної у зворотному напрямку.

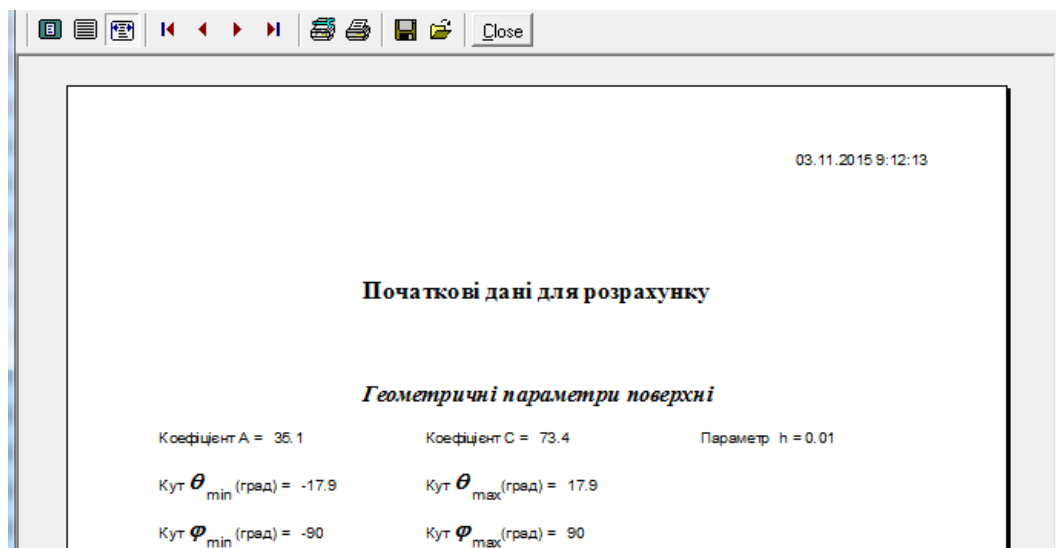


Рис. 10. Фрагменти вікон «Print Preview» з вихідними даними

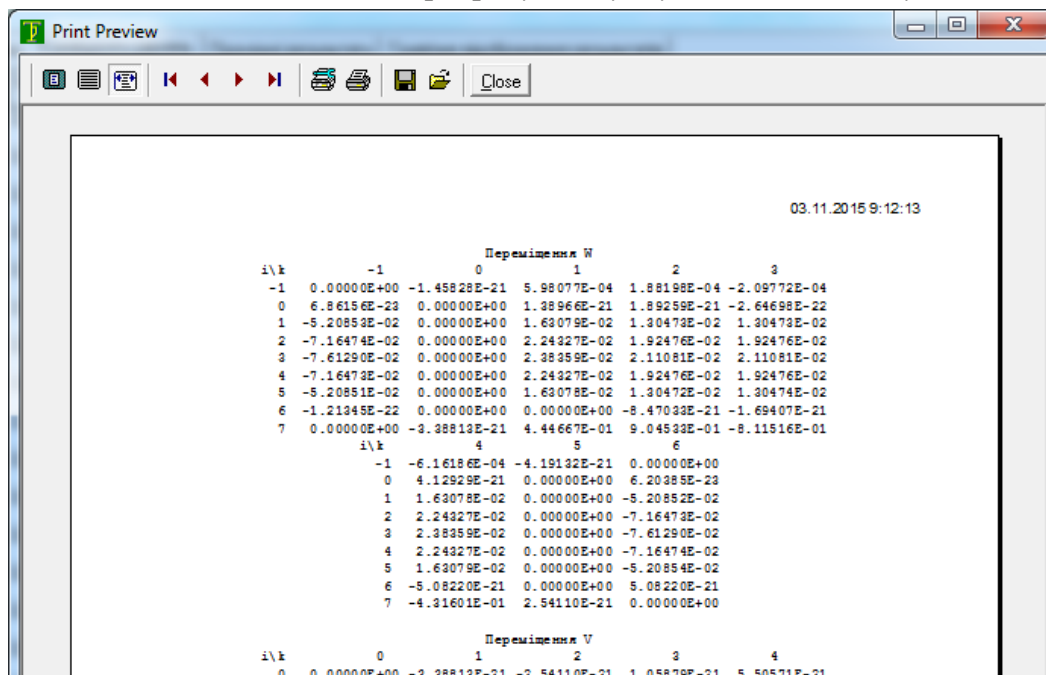



Рис. 11. Фрагменти вікон «Print Preview» з результатами розрахунку

За допомогою кнопки  Друк графіка графік автоматично виводиться на друк.

При натисканні на кнопку  Друк результатів програма формує для попереднього перегляду перед виведенням на друк текстовий документ в якому містяться вихідні дані та результати розрахунку.

Отже, комп'ютерна програма «Розрахунок оболонок» дозволяє проводити обчислення деформацій та досліджувати стійкість оболонок обертання з від'ємною гаусовою кривиною типу однопорожнинного гіперболоїда як для вибраної користувачем області, так і для всієї замкнутої оболонки при різноманітних навантаженнях, а результати отримувати як у формі графіків, так і в числовій формі. Програму можна застосовувати для вказаних розрахунків не використовуючи універсальних дорогих програмних комплексів.

1. Пасічник Р.В. Застосування методу криволінійних сіток для розрахунку ротонди на стійкість в залежності від жорсткості з'єднувальних елементів / Р. Пасічник // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Збірник наукових праць. – Рівне, 2009 – Вип. 19. – С. 283 – 290.