

КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЕКТУВАННЯ ПРОСТОРОВИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

COMPUTER TECHNOLOGIES OF DESIGNING SPATIAL CONSTRUCTIONS OF BUILDINGS AND STRUCTURES

Самчук В.П., к.т.н., доц., Кислюк Д.Я., к.т.н., доц., Пасічник Р.В., к.т.н., доц., (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк)

V. Samchuk, Ph.D., assistant professor, D. Kyslyuk Ph.D., assistant professor, R. Pasichnyk, Ph.D., assistant professor, (Lutsk National Technical University, Lutsk)

Стаття присвячена опису розробленої авторами структури та елементів комплексу програм для проектування просторових конструкцій будівель і споруд. Застосування комп'ютерних технологій дозволяє автоматизувати процес проектування поверхонь покриття й організувати інтерактивний режим створення складних геометричних форм, які відповідають попередньо заданим вимогам. Розроблений комплекс програм дозволяє здійснювати геометричне моделювання й управління формою поверхні покриття, як на початковому етапі проектування, так і корегувати вже сформовані моделі.

The article describes the structure and elements of the complex software for designing spatial constructions of buildings and structures. The use of computer technology allows you to automate the process of designing the surfaces of roofs and organize an interactive mode of creating complex architectural forms that meet the pre-specified requirements. The developed complex programs enables geometric modeling and control of the surface shape of the roofs of buildings and structures at the initial design stage, and adjust the already formed model. The complex is based on MathCAD, it has a modular structure. This allows each module in the overall process of designing and changing the shape of a discrete set roof surfaces, and for solving specific problems of design and visualization of architectural objects.

Ключові слова: комп'ютерні технології, просторові конструкції, покриття, оболонки, геометричне моделювання.

Keywords: computer technologies, spatial structures, roofs, shell structures, geometric modeling.

У наш час достатньо переконливо доведена техніко-економічна ефективність застосування в будівництві просторових конструкцій. Чітко простежується тенденція прогресу у створенні й застосуванні збірних конструкцій з типових елементів. Вони знайшли широке застосування в цивільному, промисловому й сільськогосподарському будівництві.

Міжнародний досвід [1, 2] свідчить, що застосування просторових конструкцій складних геометричних форм забезпечує мінімальну витрату матеріалів, а в поєднанні із прогресивними методами виробництва дозволяє будувати ефективні споруди, що відповідають функціональним, естетичним та економічним вимогам.

Одним з напрямків, що забезпечують зниження матеріалоємності й вартості будівництва, є вдосконалення об'ємно-планувальних і конструктивних форм споруд. Геометрія споруди в цілому й окремих конструктивних елементів зумовлює її напружено-деформований стан і несучу здатність, вибір матеріалів, їх витрату й питому вагу в загальній вартості. Форма конструкцій, яка відповідає вимогам несучої здатності, визначає технологію виготовлення й монтажу, а, отже, і потребу в робочій силі, інструментах і їх частку в загальній вартості об'єкта.

Таким чином, розвиток методів геометричного моделювання збагачує сучасне будівництво новими формами та видами конструкцій, які намагаються поєднати в собі архітектурну та конструктивну досконалість.

Геометричне конструювання, використовуючи принципи комбінаторики стандартних елементів, серійності та технологічності, задовольняє вимоги індустріальності виробництва й можливості масового застосування розроблених конструкцій.

Під час вдосконалення існуючих і створенні нових конструктивних форм, як правило, розрізняють два підходи: перший ґрунтується на творчій фантазії проєктанта; другий передбачає використання математичного апарата, що дозволяє проєктувати множини необхідних форм.

Пошук варіантів, що задовольняють вимоги до конструкцій,

при першому підході здійснюється за рахунок ескізування або макетування, що потребує значних витрат часу та не завжди призводить до оптимального результату.

Другий, математичний підхід, на основі використання комп'ютерних технологій дозволяє дуже швидко отримати параметри бажаної конструктивної форми, відокремити варіанти, які відповідають поставленим вимогам, представити їх у вигляді масиву координат дискретних вузлів, за яким можна візуалізувати модель просторової конструкції покриття та в подальшому провести необхідні її дослідження.

Результатом геометричного моделювання певного об'єкта є математична модель, яка описує форму конструкції. Вона дозволяє графічно представити об'єкт, отримати його геометричні та масо-інерційні характеристики, виконати дослідження багатьох фізичних властивостей об'єкта шляхом постановки чисельних експериментів та підготувати виробництво для його виготовлення, зокрема визначити технологію збирання проектованого об'єкта у випадку конструювання паркетованої поверхні.

Використовуючи геометричну модель, можна поставити чисельний експеримент з визначення напружено-деформованого стану, частот і форм власних коливань, стійкості елементів конструкції, теплових, оптичних та інших властивостей конструкції. Для цього потрібно доповнити її фізичними властивостями, змоделювати зовнішні умови роботи й, використовуючи фізичні закони, виконати відповідні розрахунки.

За математичною моделлю можна визначити траєкторію різального інструменту механічної обробки штампів для виготовлення конструкції. Але для того, щоб виготовити об'єкт, крім геометричної інформації, потрібні дані про технологічний процес, виробниче обладнання, тощо. При обраній технології виготовлення аналітична модель дозволяє спроектувати оснащення й виконати підготовку виробництва, а також перевірити саму можливість створення конструкції даним способом і її якість. Крім того, можлива графічна імітація виготовлення [3].

Процес моделювання й управління формою дискретних сіток, які представляють серединні поверхні оболонок покриття, вимагає проведення великої кількості повторюваних обчислень, тому реалізація алгоритмів здійснюється з використанням ЕОМ.

За результатами проведених досліджень [4] розроблено комплекс програм, який в інтерактивному режимі реалізує алгоритми побудови й управління геометрією складних поверхонь покриття, як на етапі формоутворення, так і корегування вже сформованих моделей.

Комплекс, створений на базі середовища MathCAD, має модульну структуру, що дозволяє використовувати його, як в загальному процесі моделювання та управління формою дискретно представлених поверхонь покриття, так і для розв'язання окремих локальних задач формоутворення та візуалізації моделей конструкцій.

Особливістю задач архітектурно-будівельного проектування є необхідність у процесі розв'язку забезпечити можливість оперативного та наочного представлення даних з метою оцінки отриманих результатів формоутворення. Врахування цієї вимоги визначило структуру пакету програм і набір задіяних систем автоматизованого проектування.

Схема послідовності автоматизованого проектування дискретних моделей кривих ліній, як елементів каркасу поверхні покриття, представлена на рис 1. Вона включає: задання вихідних умов моделювання; вибір системи координат, у якій здійснюється формування конструкції; параметрична оцінка можливості розв'язання поставленої задачі; вибір алгоритму врахування вихідних вимог. Далі проводиться розрахунок координат вузлів кривої. На виході отримуємо дискретну модель із забезпеченням заданих вихідних умов моделювання. На останньому етапі здійснюється експорт розрахованої геометричної моделі до графічної САПР AutoCAD чи ArchiCAD для подальшої роботи з моделлю.

Схема послідовності автоматизованого формування дискретних моделей поверхонь представлена на рис 2. Вона складається з: задання вихідних умов моделювання; побудови опорних кривих поверхні; вибору системи координат, у якій здійснюється формування конструкції; параметричної оцінки можливості розв'язання поставленої задачі; вибору алгоритму врахування вихідних вимог. Після розрахунку отримуємо дискретну модель поверхні покриття із забезпеченням заданих умов моделювання. На останньому етапі здійснюється аналіз напружено-деформованого стану конструкції та експорт розрахованої геометричної моделі

поверхні до графічних САПР для подальшої обробки її спеціалізованими інструментами.

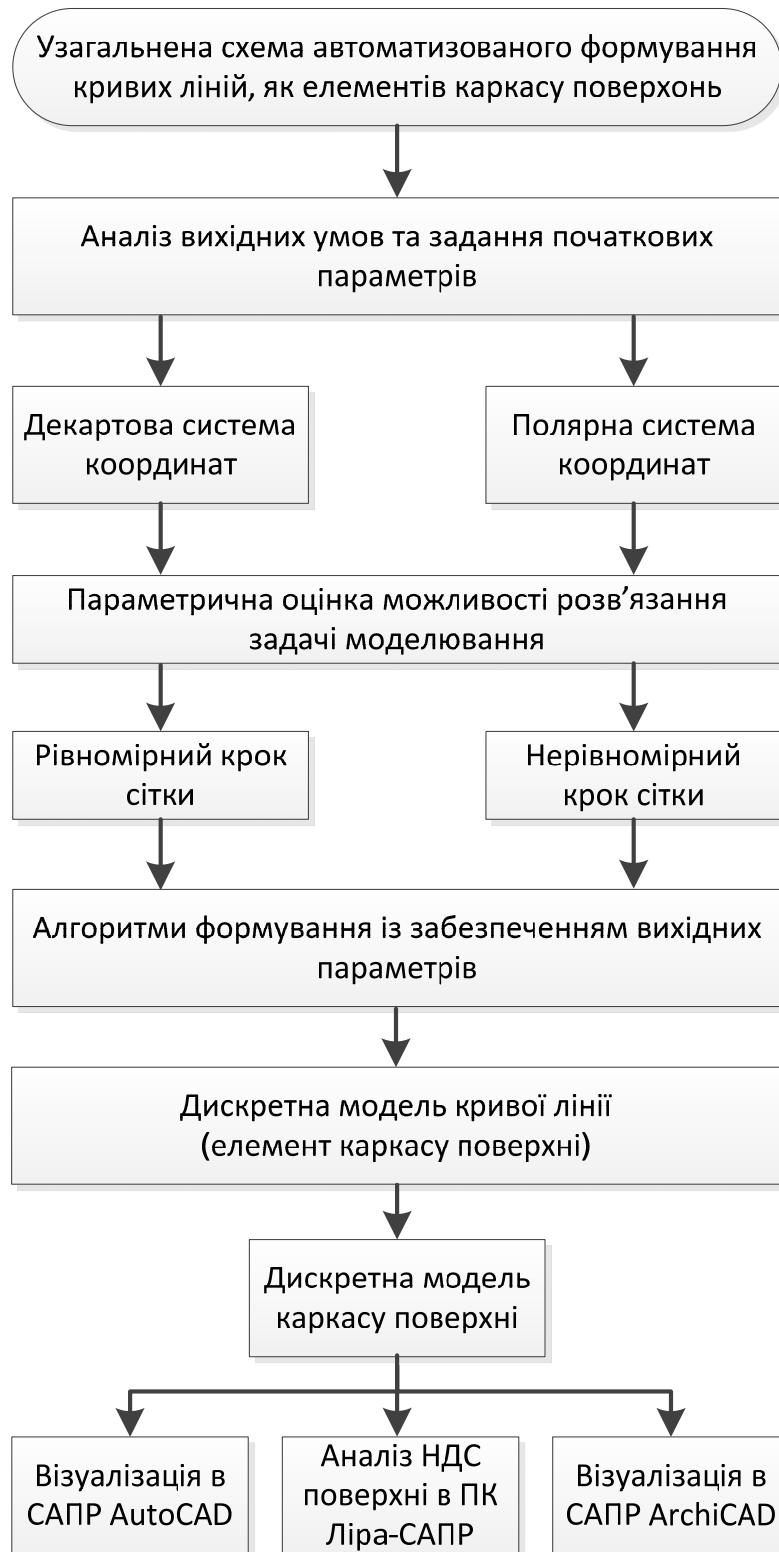


Рис. 1. Схема автоматизованого формування дискретних кривих ліній як елементів каркасу моделей поверхонь покриття

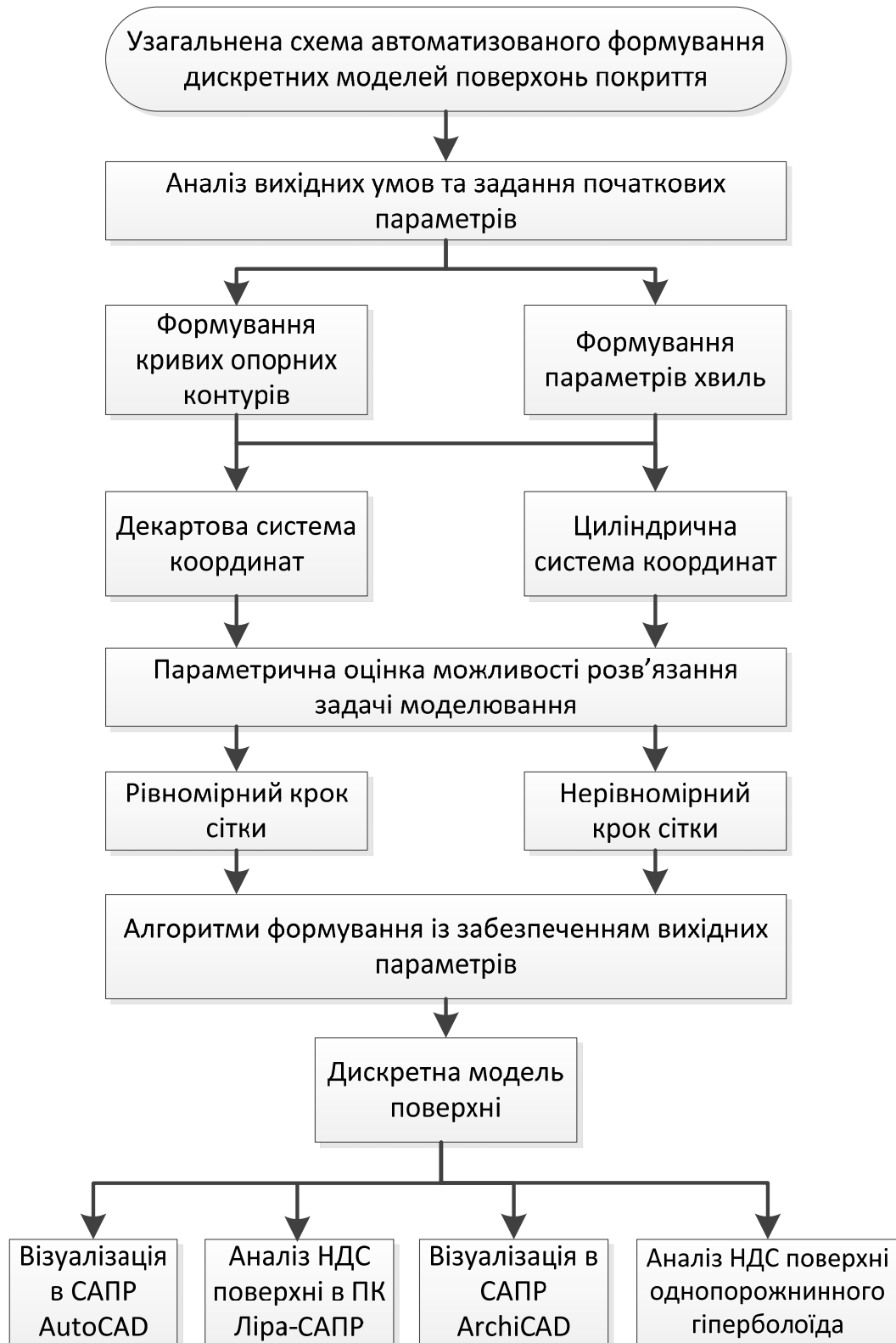


Рис. 2. Схема автоматизованого формування дискретних моделей поверхонь покриття

Для повноцінної роботи з моделлю конструкції потрібно імпортувати координати її вузлів, які представляють серединну поверхню оболонки, до САПР AutoCAD або ArchiCAD. Під час фотореалістичної візуалізації граням моделі можна надати необхідний колір, прозорість, фактуру, використовувати освітлення з різноманітними параметрами, тощо.

Були розроблені функція та бібліотечний елемент, за допомогою яких отримані координати дискретних моделей поверхонь покриття та кривих ліній експортуються до графічних САПР AutoCAD (рис. 3, 4) та ArchiCAD (рис. 5) для подальшого аналізу та використання їх при розробці технічної документації та візуалізації проекту.

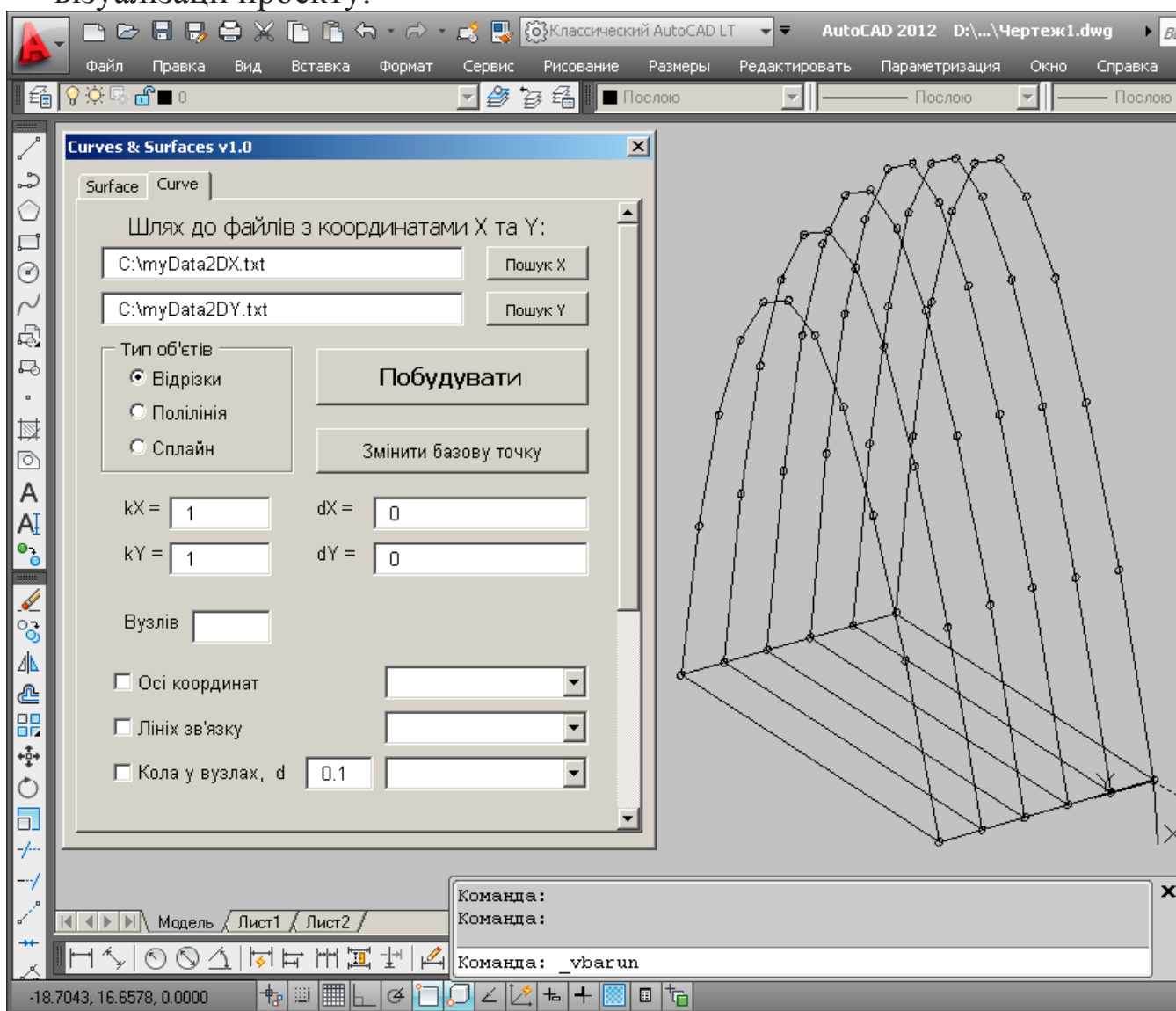


Рис. 3. Діалогове вікно функції імпорту до САПР AutoCAD 2D-елементів каркасу дискретно представлених поверхонь покриття

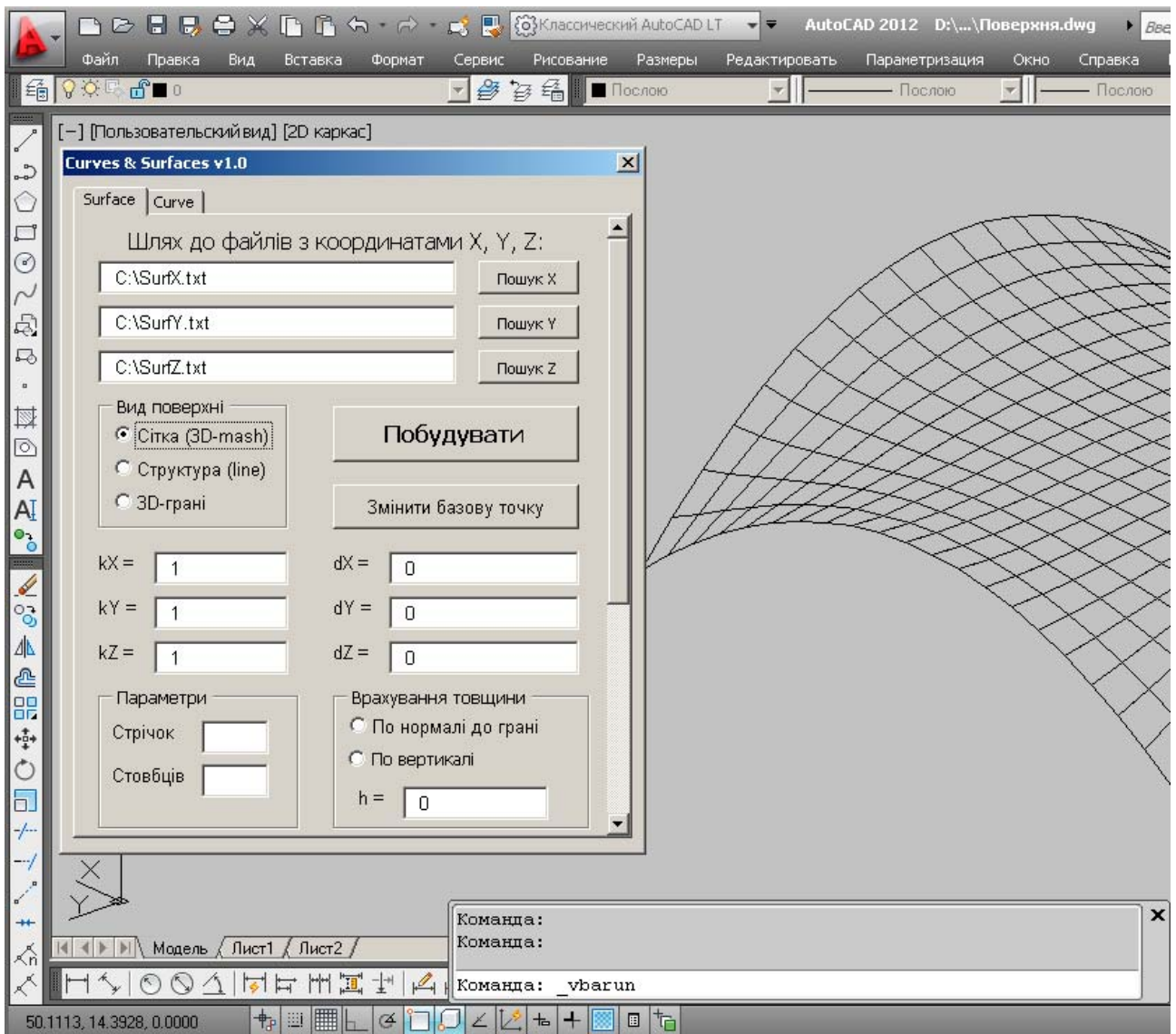


Рис. 4. Діалогове вікно функції імпорту до САПР AutoCAD дискретно представлених поверхонь покриття

Розроблено програму для обчислення деформацій та дослідження стійкості оболонок обертання з від'ємною гаусовою кривиною типу однопорожнинного гіперболоїда [5]. Модуль "Розрахунок оболонок" (рис. 6) написано у середовищі "Delphi" з використанням сучасних об'єктно-орієнтованих технологій програмування, і дозволяє визначати вказані параметри, як для вибраної користувачем області, так і для замкнутої оболонки при різноманітних навантаженнях та умовах закріплення. Особливістю даної програми є реалізація алгоритму автоматичного формування системи лінійних рівнянь залежно від кількості вузлів сітки, величини, виду й характеру зовнішніх навантажень на поверхню, а також застосування методу розв'язку диференціальних рівнянь за допомогою скінченних різниць у криволінійній системі координат.

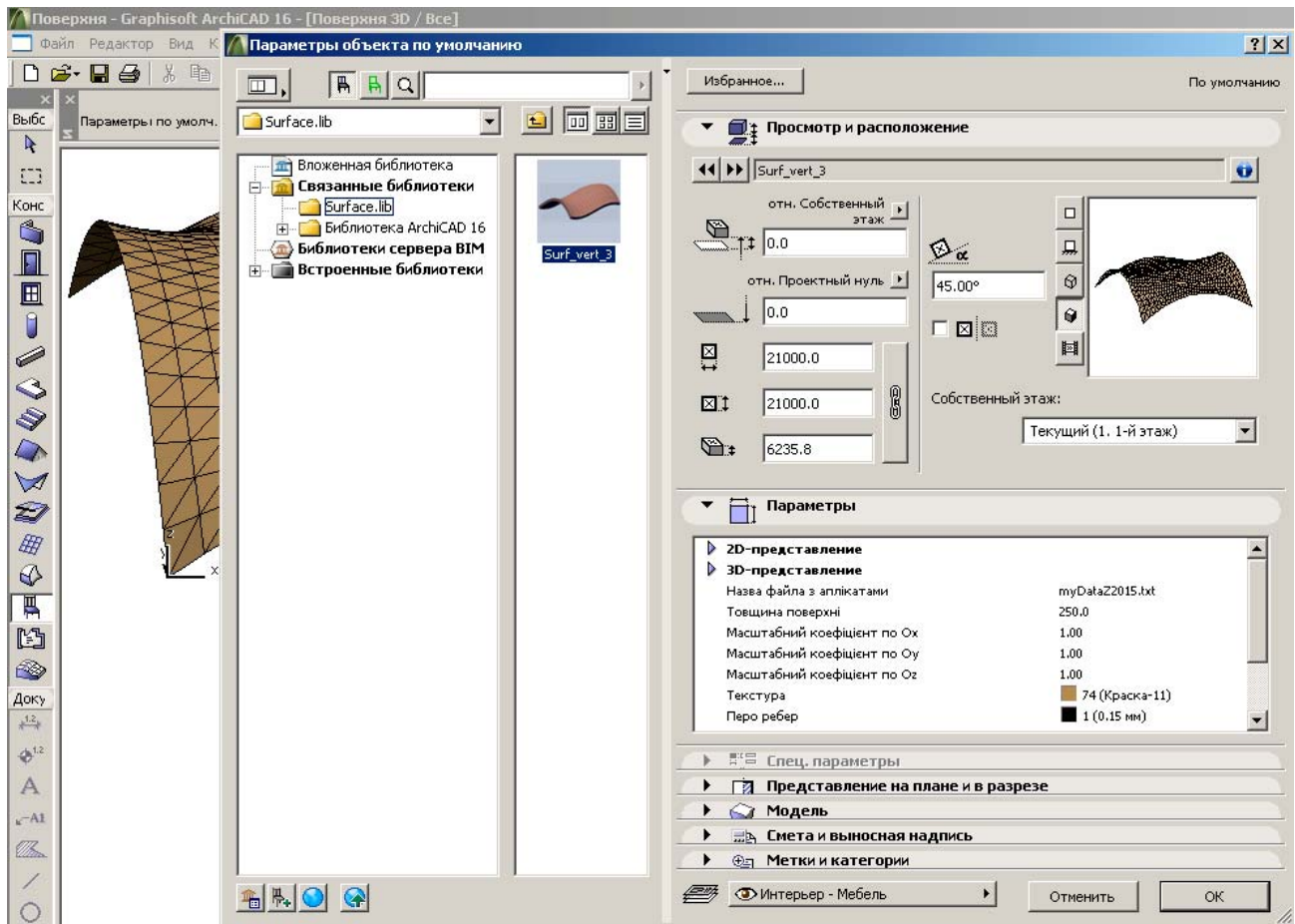


Рис. 5. Діалогове вікно бібліотечного елемента для побудови в САПР ArchiCAD дискретно представлених поверхонь покриття

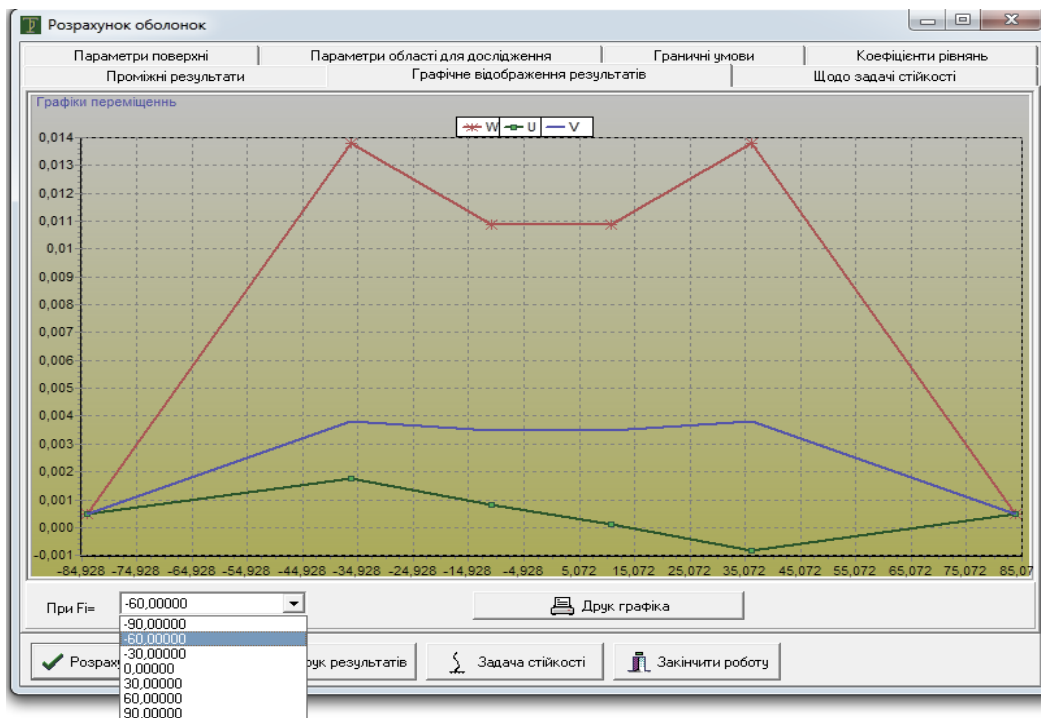


Рис. 6. Графічне відображення результатів розрахунку поверхонь форми однопорожнинного гіперболоїда

Висновок. У роботі представлено опис розробленої авторами структури й елементів комплексу програм для проектування просторових конструкцій будівель і споруд. Застосування комп'ютерних технологій дозволяє автоматизувати процес створення поверхонь покриття й організувати інтерактивний режим побудови складних геометричних форм, які відповідають попередньо заданим вимогам. Розроблений комплекс програм дозволяє здійснювати геометричне моделювання й управління формою поверхонь покриття, як на початковому етапі проектування, так і корегувати вже сформовані моделі.

Модуль "Розрахунок оболонок" дозволяє обчислювати деформації та досліджувати стійкість оболонок обертання з від'ємною гаусовою кривиною типу однопорожнинного гіперболоїда при різноманітних навантаженнях як для вибраної користувачем окремої локальної області, так і замкнутої поверхні вцілому.

1. Pottman H. Architectural Geometry / H. Pottman, A. Asperl, M. Hofer, A. Kilian // – Bentley Institute Press; 1st edition, 2007, - 744 p.

2. Blackwell W. Geometry in Architecture. / W. Blackwell // – New York: Ed. John Wiley, 1984.

3. Струтинський В.Б. Математичне моделювання процесів та систем механіки / В.Б. Струтинський // Підручник. – Житомир: ЖІТІ. 2001 – 612 с.

4. Самчук В. П. Дискретне моделювання хвилястих поверхонь покриття: дис. ... кандидата тех. наук : 05.01.01 / Самчук Володимир Петрович. – Луцьк., 2012. – 206 с.

5. 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.